

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Antonín Pavelka

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Analýza dat monitorování kvality elektrické energie
Data Analysis of Power Quality Monitoring

Rok:2015

Bc. Antonín Pavelka

VSB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Antonín Pavelka**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Analýza dat monitorování kvality elektrické energie**
Data Analysis of Power Quality Monitoring

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor problematiky kvality elektrické energie
2. Možnosti měření parametrů kvality
3. Možnosti omezování zpětných vlivů spotřebičů na síť
4. Ukázky vyhodnocení dat parametrů kvality

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Santarius P.: Elektromagnetická kompatibilita, Učební texty VŠB-TUO, Ostrava, 2007
2. ČSN EN 50160 ed. 3: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
3. Další literatura podle pokynu vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Krejčí, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Petrovi Krejčímu, Ph. D. za vedení a cenné rady při vedení mé diplomové práce.

V Ostravě 7.5 2015


.....

Antonín Pavelka

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá pozorováním vybraných parametrů kvality elektrické energie na různých napěťových hladinách distribuční soustavy. Náplň první teoretické části je popis základních charakteristik všech hladin napětí. V následující kapitole je popsána problematika, jak je možné měřit parametry kvality elektřiny. Praktická část je zaměřena na samotné vyhodnocení vybraných lokalit, a porovnání kvality elektrické energie, především podle normy ČSN EN 50 160 ed. 3. Ke srovnání byli použity čtyři vybrané parametry kvality elektrické energie (flickr, činitel zkreslení, nesymetrie, harmonické).

Klíčová slova

analýza, analyzátor, frekvence napájecí napětí, flickr, přerušení napětí, přepětí, pokles napětí, nesymetrie napětí, mezipharmonické napětí, harmonické napětí

Abstract

This thesis deals with the observation of selected quality parameters of electricity at different voltage levels of grid. content of first part of theoretical section is description of basic characteristics of all voltage levels. The following section provides examples of devices used for measuring and monitoring of power quality. The practical part is focused on evaluation of selected localities and comparing the quality of electric power, mainly according to ČSN EN 50 160 ed. 3. There were used four selected power quality parameters for comparison (flicker, harmonic distortion factor, asymmetry).

Keywords

analysis, analyzer, frequency, flicker, voltage interruption, overvoltage, voltage drop, voltage unbalance, interharmonic voltage, harmonic voltage

Seznam použitých symbolů a zkratek:

T	perioda	s
f	frekvence	Hz
U_c	napájecí napětí	V
U_n	jmenovité napětí	V
u	okamžitá hodnota napětí	V
P_{st}	krátkodobá míra vjemu	-
P_{lt}	dlouhodobá míra vjemu	-
u_u	nesymetrie napětí	%
V_i	zpětná složka	V
V_d	sousledná složka	V
THD	celkový činitel celkového harmonického zkreslení	%
nn	nízké napětí	V
vn	vysoké napětí	V
vvn	velmi vysoké napětí	V
ČSN	česká technická norma	
PPDS	Pravidla provozování distribučních soustav	
ERU	Energetický regulační úřad	

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Kvalita elektřiny.....	2
2.1.1 Kmitočet sítě	2
2.1.2. Velikost napájecího napětí	3
2.1.3. Odchylky napájecího napětí	4
2.1.4. Rychlé změny napětí	5
2.1.5. Flikr.....	5
2.1.6. Pokles napájecího napětí	6
2.1.7. Krátkodobá přerušení napájecího napětí	8
2.1.8. Dlouhodobé přerušení napájecího napětí	9
2.1.9. Přepětí	9
2.1.10. Dočasné přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí	10
2.1.11. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí.....	11
2.1.12. Nesymetrie napájecího napětí	12
2.1.13. Harmonické napětí	13
2.1.14. Meziharmonická napětí	15
3. Možnosti měření parametrů kvality	16
3.1. Požadavky na přístroje pro měření parametrů kvality.....	16
3.2. Specifikace metod měření a zkouška přesnosti.....	17
3.2.1. Měřicí intervaly	17
3.2.2. Časová agregace měření.....	17
3.2.3. Zkouška přesnosti.....	18
3.2.4. Frekvence	19
3.2.5. Velikost napětí	20
3.2.6. Flikr.....	20
3.2.7. Poklesy a zvýšení napájecího napětí	20
3.2.8. Přerušení napájení	21
3.2.9. Nesymetrie napájecího napětí	22
3.2.10. Harmonické napětí	22
3.2.11. Meziharmonické napětí.....	23
3.2.12 Signály po síti.....	23
3.3. Technické prostředky pro monitorování kvality	23

4. Možnosti omezování zpětných vlivů spotřebičů na síť	24
4.1. Harmonické v elektrických sítích.....	24
4.1.1. Zdroje harmonických	24
4.1.2. Rušivé vlivy harmonických.....	25
4.1.3. Metody snižování úrovně harmonických	26
4.1.4. Filtry Harmonických	26
4.1.5. Pasivní filtry	27
4.1.6. Aktivní filtry	28
4.2. Kolísání napětí	28
4.2.1. Blikání (Flikr).....	28
4.2.3 Možnosti potlačení kolísání napětí.....	28
4.3. Nesymetrie napětí	29
4.3.1. Možnosti snížení napěťové nesymetrie.....	29
5. Vyhodnocení měření zvolených parametrů kvality	30
5.1. Vyhodnocení dat z oblasti I.....	30
5.1.1. Místo A	30
5.1.2. Místo B.....	34
5.1.3. Místo C.....	37
5.1.4. Místo D	40
5.2. Oblast II.....	42
5.2.1. Místo A	43
5.2.2. Místo B.....	46
5.2.3. Místo C.....	49
5.2.4. Místo D	52
5.3. Oblast III.	54
5.3.1. Místo A	55
5.3.2. Místo B.....	58
5.3.3. Místo C.....	61
5.3.4. Místo D	64
5.3.5. Místo E.....	66
5. Závěr	70
Literatura:.....	72
Přílohy:.....	73

1. Úvod

Elektrická energie která je vyrobena v elektrárnách a je za daných parametrů pomocí přenosové a distribuční soustavy předávána až ke koncovým zákazníkům. V elektrizační soustavě působí na tuto energii různé faktory, které mohou ovlivnit celkovou konečnou kvalitu elektrické energie.

Mezi tyto faktory se řadí:

- Působení ochran
- Atmosférické vlivy
- Vlivy způsobené užíváním některých spotřebičů
- Časté spínání velkých zátěží
- Vlivy způsobeny provozními manipulacemi v síti

Aby elektrická energie mohla být efektivně využívána, musí splňovat určité požadavky a kritéria. Tomuto tématu se přednostně věnuje norma ČSN EN 50160[1] pro sítě nn, vn a vvn. Dále kritéria upravuje Kodex přenosové soustavy a PPDS.

Parametry ovlivňující kvalitu jsou:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí
- c) odchylky napájecího napětí
- d) rychlé změny napětí
 - velikost rychlých změn napětí
 - míra vjemu flikru
- e) krátkodobé poklesy napájecího napětí
- f) krátkodobá přerušení napájecího napětí
- g) dlouhodobá přerušení napájecího napětí
- h) dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí
- i) přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí
- j) nesymetrie napájecího napětí
- k) harmonická napětí
- l) mezipharmonická napětí
- m) úrovně napětí signálů v napájecím napětí

2. Kvalita elektřiny

Vyhláška č. 540/2005 a vyhláška ERU v platném znění o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice, která ukládá provozovatelům distribučních soustav definovat kvalitu elektřiny, stanovit její parametry a podmínky jejích dodržování uživateli.

Kvalita elektřiny je definována jejími charakteristikami v daném bodě elektrizační soustavy, porovnávány s mezemi velikosti referenčních technických parametrů.

2.1.1 Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí v sítích České republiky je 50 Hz. Velikost odchylek od jmenovité hodnoty kmitočtu v napájecí síti závisí na vzájemném působení generátorů a zatížením v síti. Odchyly jsou menší s rostoucím poměrem mezi výkonem generátoru a kolísáním zatížení. Udržení stálé frekvence pak vyžaduje dostatečný výkon výroby, který se přizpůsobuje odběru v reálném čase. Budicí soustava tak společně s regulací turbíny řídí energetický blok. Budicí soustavu tvoří zdroj regulovaného stejnosměrného proudu, který je dodáván do budicího vinutí synchronního generátoru a ovlivňuje velikost napětí a jalový výkon stroje. Regulace turbíny pak ovládá velikost činného výkonu a kmitočet.

Riziko poruch se snižuje propojením více sítí do jediné soustavy, což má za následek zvýšení výkonu oproti změnám, které mohou vyvolat nárůst nebo pokles kmitočtu. Naopak při určitých poruchových stavech, mohou být jednotlivé části soustavy odpojeny a provozovány jako ostrovní síť.

Norma [1] rozlišuje dva systémy připojení :

- systém se synchronním připojením k propojenému systému
- systém bez synchronního připojení k propojenému systému (tzv. ostrovní napájení)

Dle normy je stanoveno pro systémy se synchronním připojením odchylka $\pm 1\%$ (0,5 Hz) po dobu 99,5% roku, pro zbývající 0,5% roku jsou určeny odchylky větší s důvodů větších náhlých výpadků výroby elektrické energie.

Pro ostrovní napájení norma udává rozsah 50 Hz $\pm 2\%$ (1 Hz) po dobu 95ti% týdně. Zbývajících 5% má rozsah 50 Hz $\pm 15\%$ (7,5 Hz). Širší rozsahy jsou u ostrovního napájení dány z důvodu nižšího poměru mezi výrobou a spotřebou.

Dovolené odchylky jsou platné jak pro nn, vn tak pro vvn sítě.

Pro přehlednost jsou odchylky kmitočtu pro jednotlivé systémy uvedeny v tabulce 2.1, dle normy [1].

Tab.1: Dovolené odchylky kmitočtu

Systémy se synchronním připojením k propojenému :				
Jmenovitá frekvence	Dovolené odchylky v %	Minimální povolená hodnota v Hz	Maximální povolená hodnota v Hz	Limitující doba
50 Hz	±1%	49,5 Hz	50,5 Hz	99,5% roku
	-6%,+4%	47 Hz	52 Hz	100% roku
Systémy bez synchronního připojení k propojenému systému				
Jmenovitá frekvence	Dovolené odchylky v %	Minimální povolená hodnota v Hz	Maximální povolená hodnota v Hz	Limitující doba
50 Hz	±2%	49 Hz	51 Hz	95% týdně
	±15%	42,5 Hz	57,5 Hz	100% týdně

2.1.2. Velikost napájecího napětí

Velikost napájecího napětí má odpovídat tzv. dohodnutému napětí (U_c – dohodnuté napětí mezi dodavatelem a odběratelem v předávacím místě, které však v soustavách nízkého napětí odpovídá napětí jmenovitému.

Zátěžný proud, který protéká přívodním vedením ke spotřebiteli vyvolá úbytky napětí závisící na vzdálenosti spotřebitele. Napětí je tedy lokálním parametrem elektrické sítě. Úbytek napětí způsobený impedancí sítě ΔU je rozdíl mezi jmenovitým napětím U_n a napětím v místě odběru U_1 .

Pro soustavy veřejné sítě nízkého napětí je normalizované jmenovité napětí následující:

čtyřvodičové trojfázové soustavy

Jmenovité napětí je 230V mezi fázovým a středním vodičem (fázové napětí)

třívodičové trojfázové soustavy

Jmenovité napětí je 400V mezi fázovými vodiči (sdružené napětí)

Pro soustavy sítě vysokého napětí se jmenovité efektivní napětí pohybuje v rozmezí $1\text{kV} < U_n \leq 36\text{kV}$. V České Republice se hlavně využívá vedení o napětí 22 kV. V severních částech země se používá napětíová hladina 35 kV. V městské zástavbě se převážně vyskytuje hladina 10kV a 6kV. V průmyslových sítích se rovněž využívá hladina 6 kV.

Sítě vvn zajišťují dodávku dohodnutým napájecím napětím vyšším než 36 kV a až do 150 kV včetně.

2.1.3. Odchyly napájecího napětí

Odchyly v síti jsou způsobeny nezávislým zapínáním a vypínáním mnoha spotřebičů. Jsou charakterizovány denními, týdenními a sezónními cykly. V sítích nízkého napětí se neprovádí řízení a provozovatel má omezené možnosti ovlivňovat zatížení.

Dle normy [1] jsou dovolené odchyly od jmenovité hodnoty napájecího napětí za normálních provozních podmínek s vyloučením přerušení napájení následující :

nn síť:

- 95% průměrných efektivních hodnot během každého týdne musí být v rozsahu $U_n \pm 10\%$ při měřicím intervalu 10 minut.
- Všechny průměrné efektivní hodnoty napájecího napětí měřené v 10ti minutových intervalech musí být v rozsahu $U_n - 15/+10\%$.

vn síť:

- musí být během každého týdne 99 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu menším než mezní limit +10 % a
- musí být během každého týdne 99 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu větším než mezní limit -10 % a
- žádný z průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut nesmí být mimo rozsahy $\pm 15\% U_c$.

vvn síť:

- Protože počet uživatelů napájených přímo ze sítě vvn je omezen mají obvykle individuální smlouvy a norma [1] je neuvádí.

Problémy způsobené odchylkami většími než je povolená tolerance, způsobují v případě přepětí zkracování doby životnosti spotřebitelských zařízení a stárnutí izolace. Pak se také zvýší ztráty. Poklesy napětí pak způsobují snížení výkonu a narušují jmenovité parametry zařízení uživatele, případně mohou narušit správnou funkčnost zařízení (nap. ztráta dat v informačních technologiích) nebo jeho úplné vypnutí (nap. elektromagnetické spínače).

2.1.4. Rychlé změny napětí

Rychlá změna napětí, je rychlé snížení efektivní hodnoty napětí mezi dvěma ustálenými, po sobě následujícími stavy. Obvykle bývají způsobeny změnami zatížení nebo spínáním v síti. Za běžných provozních podmínek změny nepřesahují 5% jmenovitého nízkého napětí. Vyšší změny mohou nastat například na koncích dlouhých vedení, kde se vyskytnou až 10% úbytky jmenovitého nízkého napětí.

10% U_n je tedy krajní hodnota pro změnu napětí, v případě, že nastane snížení napětí pod 90% napětí jmenovitého, jedná se o pokles napětí. U vn sítí je rozsah užší (4-6%), z důvod přísnějších omezení pro připojení zatížení než u sítí nízkého napětí.

2.1.5. Flickr

Elektrické světelné zdroje, zapojené k veřejné distribuční síti vyžadují pro korektní funkci konstantní napětí. Odběratelé s kolísavým výkonem však způsobují měnící se úbytky napětí. Rychlé periodické změny napětí, tzv. kolísání napětí, způsobují jev zvaný flickr. Flickr se projevuje nestálostí zrakového vnímání, která ruší člověka při jeho práci. Vliv na zrakový vjem je vyvolán časovými změnami světelného toku, což je způsobeno právě rychlými změnami napětí.

Spotřebiče a provozní stavy v napájecí síti způsobující flickr :

- spínání velké zátěže
- rozběh velkých motorů (obzvláště periodicky opakovaný)
- proměnlivá zátěž (řízený ohřev s velkým výkonem)
- elektrické obloukové pece, svářečky

Rušivý vliv flikru je těžké přesně změřit. Způsob měření flikru vychází z modelu simulující řetězec : „napětíová změna – světelný zdroj – oko – proces vnímání v lidském mozku“. Napětíové změny mají dvě charakteristiky ovlivňující rušivý vliv flikru, a ty závisí na amplitudě a frekvenci. Bylo objeveno, že člověk je nejcitlivější na změny napětí o frekvenci 8,8Hz. Rušivý vliv flikru se určuje pomocí flikrmetru. Obtěžování způsobené flikrem je funkcí intenzity vnímání a trvání působení. Závažnost flikru se pak popisuje dvěma parametry:

- krátkodobá míra flikru P_{st} (měření po 10 minutách)

- dlouhodobá míra flikru P_{lt} (měření po 120 minutách)

Limit je stanoven jen pro dlouhodobou míru flikru, která se pro popis napájecího napětí považuje za důležitější. Norma [1] udává, že za normálních provozních podmínek musí být po 95% času, v libovolném týdenním období, dlouhodobá míra vjemu flikru $P_{lt} \leq 1$. Dlouhodobá míra flikru je vypočítána z dvanácti hodnot krátkodobé míry flikru, tedy 2 hodinový interval, za použití vztahu :

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{sti}^3}{12}}$$

Tyto hodnoty jsou platné za předpokladu, že přenosový koeficient mezi vn soustavou a nn soustavou je roven jedné. V praxi se ale tento koeficient může vyskytovat menší než 1.

2.1.6. Pokles napájecího napětí

Pokles napájecího napětí je popsán jako náhlé snížení napájecího napětí pod hodnotu 90% dohodnutého napětí a následné navrácení na hodnotu větší, než 90% jmenovité efektivní hodnoty napětí během doby 10ms až 60s.

Pokles napětí je považován za jednu událost bez ohledu na průběh i počet postižených fází. Pokud dojde k událostem v jednotlivých fázích ve stejném čase, pak se vícefázová událost považuje za událost jedinou.

Nejnižší krajní hodnota poklesu napájecího napětí je $1\%U_n$, tedy hloubka poklesu 99%. Tímto limitem norma [1] udává pokles napájecího napětí od přerušení. Jinak by se mohla krátkodobá přerušení považovat za 100% pokles napětí.

Krátkodobé poklesy bývají obecně způsobeny poruchami v distribučních sítích, i v elektroinstalacích odběratelů. Vzhledem k rozsahu sítí to jsou nepředvídatelné jevy s nepravidelnou četností výskytu. Při normálních provozních podmínkách může četnost krátkodobých poklesů dosáhnout až tisíce. To je však ovlivněno typem rozvodné síťi místem sledování. Většina vyskytujících se poklesů má hloubku poklesu menší než 60% a čas trvání do jedné sekundy. Méně jsou pak poklesy s větší hloubkou a dobou trvání.

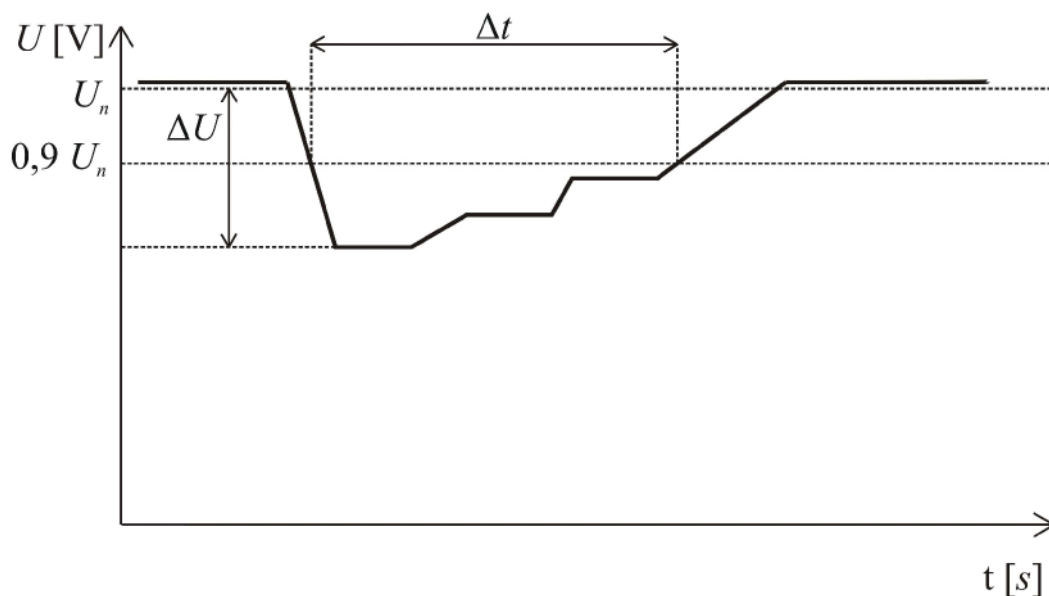
Veličiny popisující pokles napájecího napětí :

hloubka poklesu ΔU – [%] tvoří procentuální rozdíl mezi referenčním napětím a zbytkovým napětím

zbytkové napětí – minimální hodnota napětí zaznamenaná během poklesu udávaná jako procentuální nebo poměrná hodnota referenčního napětí.

trvání poklesu Δt – [s] časový interval označující dobu trvání poklesu napětí od snížení pod prahovou hodnotu do okamžiku návratu na hodnotu prahovou, nebo vyšší a případné hysterézní napětí, která je okrajová hodnota prahového napětí používána pro měření.

Dolní hranice trvání poklesu je 10ms z důvodu, že je to minimální doba, při které lze stanovit efektivní hodnotu. Horní hranice je 60s, která je doba dostatečně velká na zahrnutí účinku spínání a přepínání odboček transformátoru v napájené síti. Na obr. 2.1 jsou znázorněny veličiny popisující zjednodušený tvar poklesu napětí.



Obr 2.1: Pokles napětí

2.1.7. Krátkodobá přerušeni napájecího napětí

Krátkodobé přerušeni napětí následuje po vypnutí zkratu vypínačem. Konec přerušeni nastává při připojení zdroje opět k síti, většinou provedeného automatikou opětovného zapnutí (OZ). Čas uplynulý mezi vypnutím a opětovným zapnutím závisí na místních podmínkách a může se pohybovat v rozsahu od 300ms do několika sekund i minut.

V případě úspěšného opětovného zapnutí je zkrat eliminován a odběratelé jsou napájeni daným vedením, které je však poznamenáno poklesem napětí. Doba trvání poklesu napětí je dána časovým zpožděním ochran, vypínací dobou vypínače, přerušením a opětovným zapnutím vypínače. časové zpoždění mezi vypnutím a opětovným zapnutím je často označováno jako tzv. přestávka OZ, doba trvání může být od jejího minima (doba zapůsobení ochran a sepnutí vypínače) až do jedné minuty.

V případě neúspěšného opětovného zapnutí zkrat stále přetrvává. V postiženém vedení pak nastává další pokles a vypínač zkrat znovu vypne. Pokud je vedení vybaveno vypínačem s několikanásobným opětovným zapnutím, následuje další přerušeni a opětovné obnovení dodávky nebo konečné vypnutí vypínače v případě nadále trvající poruchy. Po konečném vypnutí je tedy odběratel vystaven dlouhodobému přerušeni dodávky do doby odstranění poruchy nebo do zprovoznění náhradního napájení, pokud je k dispozici.

Není-li vedení vybaveno vypínačem s několika násobným opětovným zapnutím, vypínač zapíná pouze jednou a znovu již nezapne. Odběratel napájený z postiženého vedení tak bude vystaven dlouhodobému přerušení do doby odstranění poruchy a nového zapnutí vypínače. V kabelových podzemních sítích se automatiky opětového zapnutí nepoužívají, je zde totiž malá pravděpodobnost, že porucha po vypnutí vypínače odezní samovolně.

2.1.8. Dlouhodobé přerušení napájecího napětí

Dlouhodobá přerušení napájecího napětí nebo-li tzv. poruchová přerušení napětí jsou obvykle způsobena vnějšími událostmi nebo vlivy, kterým odběratel nemůže předcházet.

Norma [1] označuje poruchová přerušení, za přerušení delší než tři minuty. Pro četnost a doby trvání dlouhodobých přerušení není možné udat typické údaje. Je to z důvodu nepředvídatelných důsledků povětrnostních vlivů, velkými rozdíly v uspořádání a struktuře elektrických sítí.

V případě dlouhodobého přerušení je tedy napájení přerušeno až do vymezení úseku s poruchou. Úsek vedení bude odpojen a izolován, aby byla možné zkontrolovat a odstranit poruchu. Pokud je k dispozici záložní napájení, je možné jej uvést do provozu buď ručně nebo automaticky. V případě, že je síť vybavena automatickým spínáním, je obvyklý rozsah zpoždění mezi 30 sekundami až 3 minutami.

Směrné hodnoty poruchového přerušení za normálních provozních podmínek mohou být následující: roční četnost přerušení delších než 3 minuty nebývá více než 10, ale může jich být i 50, v závislosti na oblasti.

Pro předem dohodnutá přerušení se směrné hodnoty neuvádějí, protože se tato přerušení ohlašují v předstihu.

2.1.9. Přepětí

Přepětí je napětí vyšší, než nejvyšší povolené provozní napětí. Přepětí v elektrizační soustavě vzniká v důsledku provozních manipulací a změn, provázených přechodovými ději, v důsledku rezonance nebo v důsledku vnějších příčin. Elektrická zařízení jsou běžně konstruována tak, aby vydržela určitou úroveň přepětí po danou dobu. Proti přepětí, které by mohlo zařízení poškodit, je nutno zařízení chránit vhodnou ochranou (bleskosvody, zemnicí lana, ochranná jiskřiště, svodiče přepětí). Podle vzniku lze přepětí dělit na provozní nebo atmosférické.

Přepět'ová ochrana je zařízení, které zamezuje nebo omezuje vznik přepětí a zneškodňuje jeho účinky. Působí, když napětí v elektrizační soustavě převyšuje předem stanovené hodnoty.

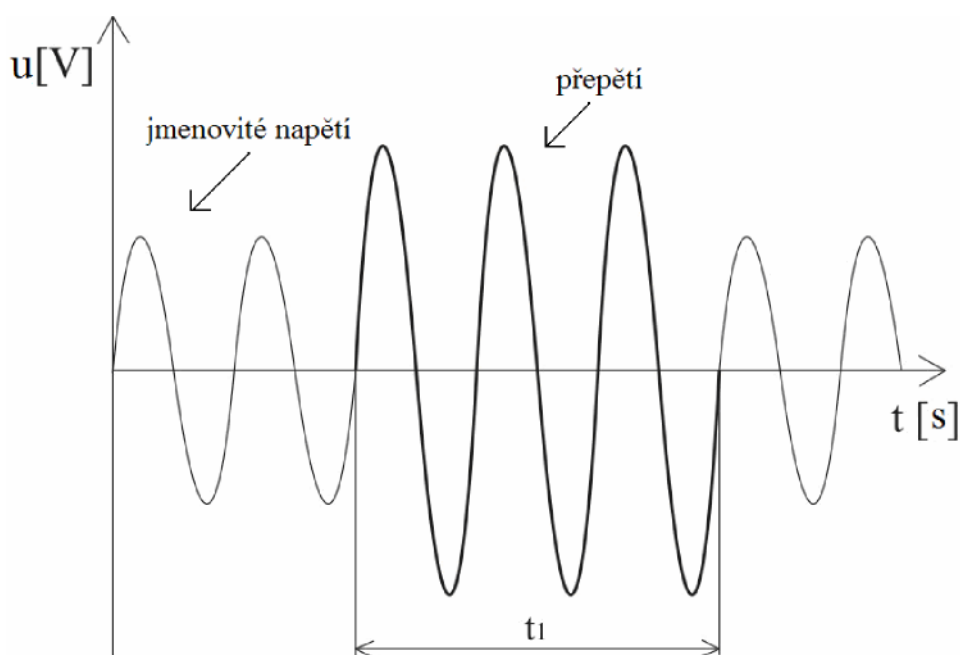
Nejjednodušší přepět'ové ochrany se skládají z jednotlivých součástí, které lze označit jako ochranné prvky, tzv. svodiče přepětí. Rozdělují se na:

- ochranná jiskřiště
- průrazky
- bleskojistky
- diaky, triaky, tyristory, Zenerovy diody, lavinové diody a speciální rychlé polovodičové součástky
- v poslední době v sítích téměř výhradně používané varistory z kysličníky kovu

2.1.10. Dočasné přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí

Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu se objevují během poruch ve veřejné distribuční síti nebo v instalaci odběratele. Přepětí mizí, jakmile je porucha odstraněna. Velikosti těchto přepětí mohou dosáhnout hodnot sdruženého napětí v důsledku posunu uzlového bodu třífázové soustavy.

V případě zkratu na vn straně transformátoru může zkrat způsobit dočasné přepětí na stran nízkého napětí. Tyto přepětí obvykle nedosahují hodnot větších než 1,5kV a jejich doba trvání je totožná s trváním zkratového proudu. Poruchy v síti vn mohou tedy způsobovat dočasná přepětí o kmitočtu sítě mezi živými vodiči a zemí v sítích nn. Trvání a velikost těchto přepětí závisí zejména na zemní impedanci sítě vysokého napětí a na okolnostech poruchy ve vn části.



Obr. 2.2: Průběh dočasného přepětí s dobou trvání t_1

Příčina vlivu zkratu ve vn síti na nn síť spočívá v tom, že většina veřejných distribučních sítí nn se provozuje s uzemněným uzlem. Nastane-li zemní spojení v síti vn zvyšující zemní potenciál v blízkosti nn sít, může nastat přepětí v nn síti mezi fázovými a uzemněnými vodiči. Doba trvání je tedy závislá na trvání zkratu a tudíž dána časem ochrany a vypnutím vypínače, jenž odpojí poruchu (obvykle do 5s).

2.1.11. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí

Přechodná přepětí mají různé charakteristiky. Třídíme je dle následujících parametrů: amplituda, četnost výskytu, doba trvání, hlavní složka frekvence přepětí, míra změny napětí, obsah energie.

Dle příčin vzniku přepětí se značně mění energetický obsah. Indukovaná přepětí způsobená úderem blesku většinou mají větší amplitudu než přepětí způsobená spínáním. Energetický obsah je však u přepětí způsobeným spínáním větší, jelikož je doba trvání toho typu přepětí delší. Přechodná přepětí obecně nepřekračují 6kV, mohou se ale vyskytnout i hodnoty vyšší. Doby čela přepětí se pohybují od milisekund až po mikrosekundy a méně.

a) Dlouho trvající přepětí:

Dlouho trvající přepětí jsou označována jako přepětí s časem trvání delším než 100 μ s. Příčinou způsobující tyto přepětí bývá působení pojistek (amplituda 1kV - 2kV) i spínání kondenzátor,

kvůli kompenzaci účinniku (amplituda 2 až 3 násobek $\max. U_n$) nebo penos přechodných přepětí z vn na nn stranu transformátorů elektromagnetickým obvodem (amplituda do 1kV).

b) Středně dlouho trvající přepětí:

Přepětí trvající od 1 μ s do 100 μ s souvisící hlavně s činností blesku.

- přímé údery blesku do blízkých vedení
- indukce od úderů blesku do blízkých vodičů
- odporovou vazbou, spojenou s bleskovými proudy do země, které protékají společným uzemněním sítě
- přenos rázů způsobených přímými údery blesku z vn na nn kapacitní vazbou
- opětné zápaly, spojené se spínáním v síti nn mohou rezonovat s přirozenou frekvencí místní sítě
- činnost vypínačů s velmi krátkou dobou hoření oblouku
- činnost spínacích zařízení v instalaci odběratele

c) Krátce trvající přepětí

Příčinou krátce trvajících přepětí je hlavně místní spínání malých indukčností a rychlé přechodné jevy způsobené spínáním v síti nn spínači se vzduchovou dráhou (relé, stykače).

2.1.12. Nesymetrie napájecího napětí

Nesymetrie zátěží v třífázové soustavě má obvykle za následek ztrátu symetrie vektorů fázového napětí. Trojfázový systém je symetrický tehdy, pokud trojfázová napětí a proudy mají stejnou amplitudu a jsou navzájem fázově posunuty o 120°, v případě nesplnění jedné i obou z těchto podmínek se systém stává nesymetrickým.

Nesymetrie napájecího napětí u_u je definována zpětnou složkou U_2 , vyjádřenou v poměrné hodnotě nebo v procentech složky sousledné U_1 .

$$u_u = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100$$

Rozklad nesymetrického napětí :

$$\mathbf{U}_A = \mathbf{U}_{A1} + \mathbf{U}_{A2} + \mathbf{U}_{A0}$$

$$U_B = U_{B1} + U_{B2} + U_{B0}$$

$$U_C = U_{C1} + U_{C2} + U_{C0}$$

Po vyjádření fázového posunu pomocí operátoru natočení a platí :

$$U_A = U_{A1} + U_{A2} + U_0$$

$$U_B = aU_{A1} + a^2U_{A2} + U_0$$

$$U_C = a^2U_{A1} + aU_{A2} + U_0$$

$$\text{Kde: } a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}, a^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Norma [1] udává, že za normálních provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95% desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v rozsahu 0% až 2% sousledné složky. V oblastech, kde jsou odběratelé částečně připojeni jedno či dvoufázově, se vyskytují v odběrných místech nesymetrie až do 3%.

Tyto hodnoty jsou v platnosti pro nn a vn sítě a pro vvn mají jen informativní charakter.

2.1.13. Harmonické napětí

Za běžných provozních podmínek musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot harmonických napětí u_h a celkového harmonického zkreslení THD v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu podle následující TAB.2.2.

Tab. 2: Rozsahy harmonických pro nn a vn

liché harmonické ne násobky 3		liché harmonické násobky 3		sudé harmonické	
řád harmonické	Harmonické napětí	řád harmonické	Harmonické napětí	řád harmonické	Harmonické napětí
h	%	h	%	h	%
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6 ... 24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Tab. 3: Rozsahy harmonických pro vvn

liché harmonické ne násobky 3		liché harmonické násobky 3		sudé harmonické	
řád harmonické	Harmonické napětí	řád harmonické	Harmonické napětí	řád harmonické	Harmonické napětí
h	%	h	%	h	%
5	5	3	3	2	1,9
7	4	9	1,3	4	1
11	3	15	0,5	6 ... 24	0,5
13	2,5	21	0,5		
17	Zkoumá se				
19	Zkoumá se				
23	Zkoumá se				
25	Zkoumá se				

V závislosti na druhu sítě mohou být hodnoty třetí harmonické podstatně nižší. Hodnoty pro harmonické vyšších řádů než 25 se neuvádějí, jelikož jsou obvykle malé, avšak vlivem rezonančních účinků obtížně předvídatelné.

THD se určí podle následujícího vztahu

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

2.1.14. Meziharmonická napětí

Meziharmonické složky napětí jsou necelé násobky základního kmitotu (první harmonické). Jejich význam v posledních letech vzrostl využíváním měničů kmitočtu a jsou doprovázené i dalšími nelineárními zátěžemi.

Zdroje meziharmonických:

- Zátěž s hořením oblouku
- Elektrické pohony s proměnným zatížením
- Měniče kmitočtů

Za normálních provozních podmínek musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot meziharmonických napětí U_m menších než 0,2 % U_n . Pro hodnoty sub. a meziharmonických blízkých síťové frekvenci platí následující Tab. 2.3.

Tab. 4. povolený obsah mezi harmonické

Řád meziharmonické	U_m	Řád meziharmonické	U_m
$m \leq 0,2$		$0,72 < m \leq 0,76$ a $1,24 < m \leq 1,28$	0,22
$0,2 < m \leq 0,6$	0,50	$0,76 < m \leq 0,88$ a $1,12 < m \leq 1,24$	0,18
$0,6 < m \leq 0,64$ a $1,36 < m \leq 1,40$	0,44	$0,88 < m \leq 0,92$ a $1,08 < m \leq 1,12$	0,23
$0,64 < m \leq 0,68$ a $1,32 < m \leq 1,36$	0,35	$0,92 < m \leq 0,96$ a $1,04 < m \leq 1,08$	0,35
$0,68 < m \leq 0,72$ a $1,28 < m \leq 1,32$	0,28	$0,96 < m \leq 1,04$ a $1,4 < m \leq 1,80$	0,60

Pro řád meziharmonické nižší než 0,2 jsou hladiny kompatibility určeny požadavky flikru. Míra vjemu flikru může být vypočtena podle IEC 61000-3-7 užitím činitele tvaru pro periodické a sinusové kolísání napětí. Konzervativní hodnoty činitele jsou 0,8 pro $0,04 < m \leq 0,2$ a 0,4 pro $m \leq 0,04$.

3. Možnosti měření parametrů kvality

Při měření a vyhodnocování charakteristik napětí se vychází z postupů definovaných v normě [1] a normou ČSN EN 61000. V těchto normách jsou současně definovány i požadavky na vlastnosti měřicích souprav, které zaručují porovnatelnost a opakovatelnost měření.

Při měření charakteristik napětí je zapotřebí měřit a vyhodnocovat ta napětí, na která jsou připojovány odběry, tzn.:

- ve čtyřvodičových sítích nn jak napětí mezi fázemi a středním vodičem, tak i napětí mezi fázemi
- v sítích vn sdružená napětí
- v sítích vvn sdružená napětí.

Za nedodržení kvality elektrické energie se považují všechny stavy v LDS, při kterých jsou překročeny dovolené meze narušení kvality u některého z těchto napětí, uvedené v předchozích částech, s výjimkou těch výjimečných situací, na které nemá dodavatel elektřiny vliv, tj.:

- mimořádné povětrnostní podmínky a další přírodní katastrofy
- cizí zavinění
- nařízení úřadů
- průmyslová činnost (stávky v rámci zákona)
- vyšší moc
- nedostatek výkonu zaviněný vnějšími okolnostmi.

3.1. Požadavky na přístroje pro měření parametrů kvality

Analyzátor kvality elektřiny v předávacích místech musí být schopen měřit současně tyto parametry kvality v trojfázové síti:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí a jeho odchylky
- c) rychlé změny napětí
- d) flickr
- e) poklesy a zvýšení napájecího napětí
- f) přerušení napájecího napětí
- g) nesymetrie napětí

- h) harmonické napětí
- i) mezipharmonické napětí
- j) signály v napájecím napětí.

Kromě těchto parametrů kvality musí analyzátor umožňovat měření velikosti proudů a z nich odvozených (podle přiřazených napětí) i dalších veličin:

- k) činný výkon
- l) zdánlivý výkon
- m) jalový výkon
- n) zpětnou složku proudu a její úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon)
- o) harmonické proudy a jejich úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon)

3.2. Specifikace metod měření a zkouška přesnosti

3.2.1. Měřicí intervaly

Definované měřicí intervaly podle ČSN EN 61000-4-30 jsou:

velmi krátký čas:	3 s
krátký čas:	10 minut
dlouhý čas:	2 hodiny

Pro různé metody měření jsou požadovány tyto časové intervaly:

- pro síťovou frekvenci: 10 s
- pro flickr: 10 minut a 2 hodiny
- pro velikost napájecího napětí, harmonická/mezipharmonická napětí a nesymetrii: 3 s, 10 minut a 2 hodiny
- pro signály po síti: 3 s a 10 minut.

3.2.2. Časová agregace měření

Agregace měření je stanovena pro harmonické, mezipharmonické, nesymetrii a velikosti napětí.

- Časové intervaly agregace jsou:
- 10 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz)

- 150 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz); tento interval se nazývá "velmi krátký čas"
- 10 minut; tento interval se nazývá "krátký čas"
- 2 hodiny; tento interval se nazývá "dlouhý čas".

Všechny agregace jsou vytvořeny z odmocniny součtu druhých mocnin vstupních hodnot. Základním vstupem u této metody jsou data 10 cyklů. Pro každý parametr, který užívá tuto metodu agregace (harmonické, meziharmonické, nesymetrie a velikost napětí), jsou způsoby získání základních dat 10 cyklů a způsob jejich označení náležitě vysvětleny v kapitolách, které se jimi zabývají.

Data pro interval 150 cyklů musí být agregována z přesně patnácti intervalů 10 cyklů. Každý 10 minutový interval musí začínat na 10 minutové hranici reálného času. Data pro interval 10 minut musí být agregována ze všech dostupných 150 cyklových intervalů během 10 minutového intervalu.

Uživatel může volit, zda zahrnout nebo vyloučit označená data z následující hladiny agregace. Pokud je některá hodnota označena nebo vyloučena z následující hladiny agregace, pak musí být označena i tato hladina.

Každý 2. hodinový interval musí začínat na dvouhodinové hranici reálného času. Data pro 2 hodinový interval musí být agregována z přesně dvanácti 10 minutových intervalů.

3.2.3. Zkouška přesnosti

Základní stavy, ve kterých se ověřuje přesnost uvádí následující TAB.3.1.

Tab. 5: stavy při zkouškách přesnosti

Ovlivňující veličina	Zkušební stav 1	Zkušební stav 2	Zkušební stav 3	Tolerance
Frekvence	50 Hz	49 nebo 59 Hz	51 nebo 61 Hz	$\pm 0,5$ Hz
Velikost napětí	U_n	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	$\pm 1 \% U_n$
Flikr	žádný	Pst = 1, pravoúhlá modulace 2,275 Hz	Pst = 4 pravoúhlá modulace 8,8 Hz	0,1

Nesymetrie	žádná	0,73 U_n fáze A 0,80 U_n fáze B 0,87 U_n fáze C všechny úhly 120° (nesymetrie 5 %)	1,52 U_n fáze A 1,4 U_n fáze B 1,28 U_n fáze C všechny úhly 120° (nesymetrie 5 %)	0,50%
Harmonické	žádné	10% U_n 3.h. při 0° 5% U_n 5.h. při 0° 5% U_n 29.h. při 0°	10% U_n 7.h. při 180° 5% U_n 13.h. při 0° 5% U_n 25.h. při 0°	3 % U_n
Meziharmonická	žádné	1% U_n při 7,5nás. zákl. harm.	1% U_n při 1,8nás. zákl. harm.3	1 % U_n

Přesnost přístrojů musí být ověřována pro každou měřenou veličinu následujícím způsobem:

- volba ověřování měřené veličiny (např. efektivní hodnoty napětí)
- při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 1 se ověřuje měřená veličina v pěti bodech rovnoměrně rozmístěných v pracovním rozsahu (např. 60% U_n , 95% U_n , 130% U_n , 165% U_n)
- při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 2 se zkouška opakuje
- při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 3 se zkouška opakuje.

3.2.4. Frekvence

Interval měření: minimální perioda pro vyhodnocení - 1 týden.

Měření: Výstup frekvence je průměr měření celého počtu cyklů odpovídajícího (ale vždy menšího než) 10 s. Měření se aktualizuje každých 10 s. Měřicí intervaly musí na sebe navazovat, ale nesmí se překrývat. Jednotlivé cykly, které přecházejí mez 10 s, mohou být vyloučeny.

Přesnost měření: V definovaném pracovním rozsahu a za stanovených podmínek je nepřesnost vyhodnocení frekvence $\Delta f = \pm 10$ mHz.

Vyhodnocení měření: Pokud se objeví v měřicím intervalu pokles, přerušení napětí nebo zvýšené napětí, data frekvence z tohoto intervalu musí být označena návěštím. Frekvence musí být měřena na referenčním kanále. První měřicí interval po poklesu, přerušení napětí nebo zvýšení napětí musí začít prvním kladným průchodem nulou poté, co reálný čas dosáhne hranice 10 s.

3.2.5. Velikost napětí

Interval měření: minimální vyhodnocovací perioda jeden týden.

Měřena musí být efektivní hodnota napětí definovaná následující rovnicí:

$$U_{rms-T} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Přesnost měření: Ve stanoveném pracovním rozsahu a za podmínek předepsaných pro zkoušky je chyba měření $\Delta V = \pm 0,1 \%$ z naměřené hodnoty.

Vyhodnocení měření: Měřicí intervaly T efektivních hodnot jsou: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny. U jednofázových systémů je jedna měřená hodnota pro každý měřicí interval, u třífázových systémů jsou to 3 pro třívodičové systémy a šest pro čtyřvodičové.

Efektivní hodnota pro 10 period: T je rovno pro systém 50 Hz oknu 10 period. Efektivní hodnota pro 200 ms se určí z okamžitých efektivních hodnot napětí. N okamžitých hodnot (u) se získá vzorkováním napětí užitím AD převodníku během každých 200 ms. Všechny intervaly 200 ms musí na sebe navazovat a nepřekrývat se. 200 ms efektivní hodnota se určí jako:

$$U_{rms-200ms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N u^2}{N}}$$

Pokud je při jednofázovém měření 200 ms hodnota větší než 150 % U_n nebo menší než 50 % U_n , 200 ms efektivní hodnota napětí v tomto intervalu bude označena návěštím. Při trojfázovém měření, jestliže jakákoliv z 200 ms efektivních hodnot je větší než 150 % U_n nebo menší než 50 % U_a , budou všechny 200 ms efektivní hodnoty napětí v tomto intervalu označeny návěštím.

3.2.6. Flickr

Interval měření: minimální vyhodnocovací perioda jeden týden.

vyhodnocení měření: Lze vyhodnocovat 10 min. hodnoty (P_{st}), nebo 2 hod. hodnoty (P_{lt}).

Doporučené jsou následující postupy:

- při vyhodnocování lze uvažovat počet nebo procento hodnot během intervalu, které přesáhly mezní hodnoty podle smlouvy.
- nebo 99% týdenních hodnot P_{st} , nebo 95% pravděpodobnosti týdenních hodnot P_{lt} může být porovnáváno s hodnotami podle smlouvy.

3.2.7. Poklesy a zvýšení napájecího napětí

Interval měření: minimální interval 1 rok.

Měření: Měřicí zařízení musí měřit efektivní hodnotu napětí periodu za periodou. Měření se aktualizuje každou půlperiodu. Pro vícefázový systém každá perioda začíná kladným průchodem nulou referenčního napětí. U vícefázových systémů jsou poklesy a zvýšení napájecího napětí detekovány a měřeny odděleně pro každý měřicí kanál

Hloubka a výška měřené hodnoty:

- **Pokles napětí na x %:** U jednofázového systému je pokles napětí na x %, když efektivní hodnota klesne na x % ($x > 10\%$) referenčního napětí U_{ref} .

U vícefázového systému je pokles napětí na x %, když efektivní hodnota napětí jedné z fází klesne na x % ($x > 10\%$) referenčního napětí U_{ref} , i když napětí ostatních fází nejsou současně pod x %.

- **Zvýšení napětí na x %:** U jednofázového systému je zvýšení napětí na x %, když efektivní hodnota vzroste na x % referenčního napětí U_{ref} .

U vícefázového systému je zvýšení napětí na x %, když efektivní hodnota napětí jedné z fází vzroste na x % referenčního napětí U_{ref} , i když napětí ostatních fází nejsou současně přes x %.

- **Trvání poklesu na x %:** U jednofázového systému začíná pokles napětí na začátku první periody s napětím pod mezí poklesu a končí s poslední periodou, která je větší než mez poklesu plus hystereze.

U vícefázového systému začíná pokles napětí v okamžiku, kdy se pokles projeví u fáze postižené narušením a končí s poslední periodou poklesu plus hystereze u poslední postižené fáze.

- **Trvání zvýšení na x %:** U jednofázového systému začíná zvýšení napětí na začátku první periody s napětím nad mezí zvýšení a končí s poslední periodou, která je menší než mez zvýšení minus hystereze.

U vícefázového systému začíná zvýšení napětí v okamžiku, kdy se zvýšení projeví u první fáze s poruchou a končí s poslední periodou zvýšení minus hystereze u poslední postižené fáze.

Přesnost měření: Neurčitost při měření poklesů a zvýšení napětí pro přístroje třídy A musí být $\Delta U = \pm 0,2 \% U_n$. Neurčitost měření trvání poklesů a zvýšení napětí pro přístroje třídy A je menší než 2 cykly.

3.2.8. Přerušení napájení

Interval měření: Minimální perioda měření 1 rok.

Měření přerušení napájení včetně jeho trvání je shodné s měřením napěťových poklesů s mezí nastavenou na 10 %. Měřicí zařízení musí detekovat přerušení na konci prvního cyklu, ve kterém napětí kleslo na hodnotu mezi 0 a 10 % referenčního napětí.

Neurčitost trvání přerušení musí být do 40 ms. Pokud přerušení trvá déle než čas specifikovaný pro napájecí napětí přístroje, pak trvání neurčitosti měření bude delší, vzhledem k času do obnovení pohotovosti měřicího přístroje po dlouhém přerušení. Pro velikost napětí je pracovní rozsah rozšířen na 1 – 115 %.

3.2.9. Nesymetrie napájecího napětí

Interval měření: minimálně 1 týdně.

Měření: Nesymetrie napětí u_u v daném časovém úseku T je definována za použití metody souměrných složek velikostí poměru zpětné složky napětí V_i k sousledné složce V_d , vyjádřené v procentech:

$$u_u = \frac{|V_i|}{|V_d|} \cdot 100\%$$

což může být vyjádřeno jako:

$$u_u = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \cdot 100\%$$

kde:

$$\beta = \frac{U_{12fund}^4 + U_{23fund}^4 + U_{31fund}^4}{(U_{12fund}^2 + U_{23fund}^2 + U_{31fund}^2)}$$

kde U_{12fund} je sdružené napětí základní harmonické fází 1 a 2 (U_{23fund} a U_{31fund} jsou analogicky další sdružená napětí základní harmonické. Měřicí souprava musí vyhodnocovat nesymetrii v oknu 10 minut, pro výpočet se užije pouze základní harmonická. Všechny ostatní harmonické mají být vyloučeny filtry nebo algoritmem DFT.

Přesnost měření: Pokud je na vstup přivedeno napětí splňující referenční podmínky a s nesymetrií 1 až 5 %, měřicí souprava musí mít chybu $\Delta u_u \leq 0,2\% U_u$ (Δu_u je v %).

Při měření nesymetrie je rozšířen měřicí rozsah velikosti napětí na 0 – 200 % U_n .

Hodnocení měření: Musí být užity měřicí intervaly (T): 3 s, 10 minut a 2 hodiny. Měřicí souprava musí měřit nebo počítat nesymetrii napětí pro každé okno 10 cyklů 50 Hz. Měření nesymetrie je označeno návěšním během poklesu, zvýšení napětí nebo přerušení.

3.2.10. Harmonické napětí

Interval měření: jeden týden pro 10 minutové intervaly a v případě intervalu 3 vteřiny denní vyhodnocování po dobu minimálně 1 týden.

Při měření musí být užity následující měřicí intervaly T: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny.

3.2.11. Meziharmonické napětí

Interval měření: minimálně 1 týden pro 10- minutové intervaly a denní vyhodnocení pro interval 3-vteřiny minimálně po dobu jednoho týdne.

Měření je definováno v ČSN EN 61000-4-7.

Musí být užity následující měřicí intervaly T: 200 ms, 3 s, 10 minut a 2 hodiny.

3.2.12 Signály po síti

Interval měření: minimálně denní vyhodnocení

Měření je definováno v ČSN EN 61000-4-7.

Podle [1] se měří střední, nikoli pravá efektivní hodnota v pevném intervalu 3 s, při době pozorování 1 den.

3.3. Technické prostředky pro monitorování kvality

Pro měření kvality elektrické energie slouží tzv. analyzátor kvality elektrické energie. Na trhu se vyskytuje velká škála výrobců analyzátoru jako ELCOM, KMB System, GCM. Analyzátoři by se měly pohybovat ve třídě přesnosti A, popřípadě třídy S.

Podle IEN 61000-4-30 je třída přesnosti A definována jako:

Tab. 6: definice třídy A

Parametr	Rozsah	Tolerance nejistoty
Frekvence	50 Hz $\pm 7,5$ Hz 60Hz ± 9 Hz	± 10 mHz
Napětí	10-150 % dohodnutého napětí	$\pm 0,1\%$
Proud	Rozsah přístroje	$\pm 0,1\%$
Flikr P_{st}/P_{lt}	0,2 až 10	$\pm 5\%$
Harmonické napětí	0 až 5%	$\pm 0,15\%$
Meziharmonické napětí	0 až 200%	$\pm 5\%$
Nevyváženost	$\Delta V/V @ PST=2$	$\pm 5\%$

4. Možnosti omezování zpětných vlivů spotřebičů na síť

4.1. Harmonické v elektrických sítích

Obecně vznikají harmonické v nelineárních obvodech.

Harmonické napětí x harmonické proudy \Rightarrow nelineární spotřebič je napěťový nebo proudový zdroj.

4.1.1. Zdroje harmonických

I. synchronní generátor

Podmínkou sinusového napětí je sinusová indukovaná elektromotorická síla.

S ohledem na symetrii konstrukce strojů je křivka svorkového napětí souměrná dle osy x , za podmínek $f(x) = -f(x + \pi)$ a může proto obsahovat pouze liché harmonické.

Vhodnou konstrukcí stroje lze dosáhnout prakticky sinusového budícího toku:

- u strojů s vyniklými póly tvarem pólu
- u stroje s hladkým rotorem rozložením drážek
- úpravou vinutí statoru. Tak se u nezatíženého stroje zaručí prakticky sinusového napětí.

Reakční pole obsahuje výraznou třetí harmonickou, což se při zatížení stroje projeví i ve svorkovém napětí.

v trojfázové soustavě se třetí harmonická projeví jako nulová složka

- v zapojení Y se objeví pouze ve fázovém napětí, ve sdruženém se vyruší
- v zapojení do Δ způsobují třetí harmonickou vyrovnávací proudy.

II. elektrická vedení

Převážně je uvažujeme jako lineární.

III. transformátory

Transformátory se železným jádrem má při sinusovém napájecím napětí relativně výraznou třetí harmonickou. V sekundárním napětí vlivem nelineární magnetizační charakteristiky při zapojení Yy s vyvedeným uzlem se objeví třetí harmonická v sekundárním proudu a může způsobit zvýšené zatížení středního vodiče.

Při zapojení Yy bez vyvedení uzlu se třetí harmonická objeví v sekundárním napětím ve vinutí zapojeném do Δ se proudy třetí harmonické uzavírají tímto vinutím.

IV. polovodičové měniče

Aplikují se ve výkonové elektronice, která může dosahovat výkonu o několika MW. Neřízený usměrňovač v šestipulzním zapojení při sinusovém napájecím napětí má bez překrytí proud v jedné fázi obdélníkový.

Při použití napájecího transformátoru má primární proud rovněž obdélníkový nebo stupňovitý průběh.

Pomocí síťového rozboru lze zjistit harmonické, které jsou obsažené v síťovém proudu:

$$n = k \cdot p \pm 1 \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$$

kde **p** - počet pulzů

- šestipulzní zapojení- 5,7,11,13,17,19,.....harmonická
- dvanáctipulzní zapojení- 11,13,23,25,.....harmonická

V prvním přiblížení lze amplitudy harmonických stanovit podle amplitudového zákona:

$$I_n = \frac{1}{n} \cdot I_1$$

S uvažováním komutace se změny obdélníkový průběh na průběh čárkovaný a se vzrůstajícím úhlem překrytí se snižují amplitudy harmonických složek.

V. elektrické obloukové pece

Výkony řádově až MW. Křivky proudu obsahují značné množství harmonických, zejména výraznou 3,5, ale i sudé harmonické

VI. osvětlovací tělesa v sítích nn

a) zářivková tělesa

Křivka proudu obsahuje výraznou třetí harmonickou.

b) kompaktní svítidla

Svítidla mají v křivce proudu značný obsah harmonických

4.1.2. Rušivé vlivy harmonických

a. Na související silnoproudé zařízení

- dodatečné ztráty vlivem harmonických u transformátoru, zejména napájecích polovodičové měniče,
- přetěžování kompenzačních kondenzátorových baterií,
- dodatečné ztráty u elektrických strojů,
- vznik parazitních momentů u motorů.

b. Na ostatní zařízení

- nepříznivý vliv na funkci ochran,

- nepříznivý vliv na telekomunikační zařízení (harmonické vysokých řádů),
- ovlivnění měření (zejména analogových přístrojů) elektrických veličin,
- vliv na přesnost měření spotřeby elektrické energie

4.1.3. Metody snižování úrovně harmonických

Omezení harmonických u zdrojů

- použití vícepulzních zapojení měničů (obvykle dvanáctipulzní)
- lze řešit i "kvazivícepulzní"- dva (nebo více) šestipulzní měniče napájené s trojvinutového transformátoru, kde sekundární vinutí mají fázový posun 30° , pak pro 5. harmonickou je posun 150° a pro 7. harmonickou 210° - nedojde k úplnému potlačení
- oddělení "špinavých" spotřebičů, které generují rušivé vlivy od ostatních vhodným zapojením sítě - např. napájení ze samostatných přípojníc.

Filtry harmonické

- pasivní rezonanční filtry - sériový rezonanční LC obvod, naladěný na příslušnou harmonickou, který se připojí paralelně ke zdroji harmonických. Pro filtraci se obvykle připojí více paralelních rezonančních obvodů.
- aktivní filtry - paralelně nebo sériově připojený generátor řízený vhodným regulačním systémem, který i v dynamických stavech kompenzuje harmonické složky.

4.1.4. Filtry Harmonických

Obecně lze konstatovat, že rušivé vlivy lze potlačit přidavnými zařízeními, které provozuje

- energetika
- odběratel

Opravné prostředky mohou být

- přidavné zdroje
- paralelní filtry
- sériové filtry
- přidavné sériové, paralelní impedance

klasicky jsou opravné prostředky realizovány

- stupňovou kompenzací s polovodičovými spínači
- kompenzační filtry s fázově řízeným reaktorem

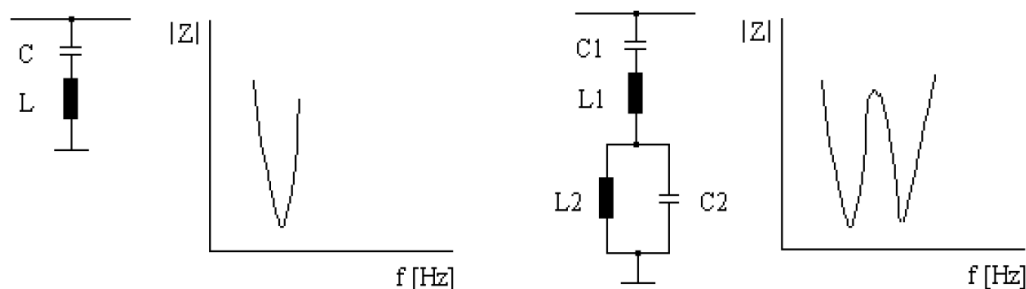
4.1.5. Pasivní filtry

Pasivní filtry jsou sériovou nebo sérioparalelní kombinací indukčnosti L , kapacity C a odporu R .

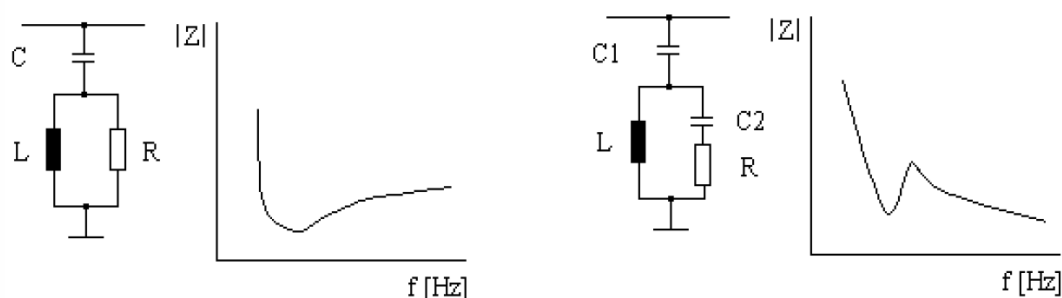
- při základní frekvenci dodávají do sítě jalovou energii
- snižují obsah harmonických v napájecí síti na požadovanou úroveň

Pasivní filtry lze rozdělit na dva základní typy

- s velkou selektivitou, které mohou být naladěny na jednu, nebo dvě frekvence (Obr. 4.1.)
- s malou selektivitou - širokopásmové hornopropustní filtry, které mohou být realizovány jako filtry prvního, druhého a třetího řádu (Obr 4.2.)
-



Obr. 4.1. filtry s velkou selektivitou



Obr.4.2: filtry s malou selektivitou

Filtry jsou vzájemně kombinovány podle spektra harmonického proudu generovaného nelineárním spotřebičem.

Filtry jsou používány

- sériové - využívají paralelní rezonance napětí U - použití u HDO, aby impedance nesnižovala úroveň signálu na určité frekvenci)
- paralelní - využívají sériové rezonance proudu I)

4.1.6. Aktivní filtry

Lze je uvažovat jako paralelně nebo sériově zapojené generátory řízené vhodným regulačním systémem tak, aby i v dynamických stavech byla zajištěna požadovaná kompenzace nevhodných harmonických složek

Existují dva způsoby filtrace harmonických pomocí aktivních filtrů

- generování příslušné harmonické v protifázi
- generování „zbytkové“ křivky.

Stejně jako pasivní i aktivní filtry se používají sériové, paralelní a kombinované.

Použití aktivních filtrů

- síťové kondicionéry- pro filtrace harmonických, stabilizace napětí, kompenzací účinníku
- rychlé kompenzátory účinníku
- symetrizace zatížení
- potlačení flikru

Aplikace aktivních filtrů

- kompenzace na jednotkový účiník- vytváří se proud a napětí ve fázi (kompenzace jalové složky proudu)
- kompenzace na sinusový průběh- vytváří některé harmonické v protifázi, nebo zbytkovou křivku
- kompenzace na konstantní výkon- pro trojfázové systémy

4.2. Kolísání napětí

Je to řada změn napětí nebo spojitá změna efektivní nebo maximální hodnoty napětí.

4.2.1. Blikání (Flikr)

Flikr je pocit nestálého zrakového vnímání vyvolaný světelným podnětem, jehož jak nebo spektrální rozložení kolísá v čase.

Práh vnímání blikání je minimální hodnota kolísání intenzity jasu nebo spektrálního rozložení, která vyvolává pocit blikání u vybraného vzorku obyvatel.

Flikr vzniká když napětí na spotřebiči je menší než jmenovité napětí vlivem úbytku napětí, způsobené proudem odebíraným spotřebičem tekoucím přes odpor a reaktanci vedení.

4.2.3 Možnosti potlačení kolísání napětí

- připojení do sítě s dostatečným zkratovým výkonem, případně zvětšení zkratového výkonu
 - zvětšením průřezu napájecího vedení

- připojením synchronního generátoru nebo kompenzátoru
- využitím sériové kompenzace
- připojením do vyšší napěťové hladiny
- u více kolísajících zařízení omezit souběh provozu těchto zařízení
- použití speciálních kotev při rozběhu motoru
- u svářeček
 - změna tvaru napěťového pulsu
 - využití stejnosměrných agregátů
 - změna taktu svařování
- u EOP
 - statická nebo dynamická kompenzace
 - změna regulace elektrod
 - využití reaktoru
 - přechod na stejnosměrné EOP

4.3. Nesymetrie napětí

Nesymetrické zatížení v trojfázové soustavě způsobuje nesymetrický odběr proudu a tím i nesymetrii napájecího napětí.

Nesymetrie napětí způsobuje zvýšení přenosových ztrát a nevytíženost trojfázového vedení.

4.3.1. Možnosti snížení napěťové nesymetrie

Pro zmírnění nesymetrie je nejdůležitější správné rozložení zátěží, tak aby se systém stal více symetrickým a nízká vnitřní impedance sítě. Krátkodobý vliv nesymetrie není příliš důležitý, závažnější jsou účinky dlouhodobější, například s hlediska tepelných účinků. Velká nesymetrie vzniká u trakcí a lze ji potlačit následujícími opatřeními:

- 1) speciální konstrukci transformátorů
 - Scottův transformátor
 - Leblancův transformátor
 - trojfázový transformátor
- 2) připojení symetrizačních členů

5. Vyhodnocení měření zvolených parametrů kvality

Vyhodnocení dat se skládá ze správného měření, posléze zpracování a vyhodnocení. Z provedených měření jsem zvolil 1 týdenní interval pro vyhodnocení dat dle normy [1]. Monitorování probíhalo ve třech oblastech ČR a v každé oblasti bylo měřeno několik míst na napěťových hladinách nn, vn a vvn.

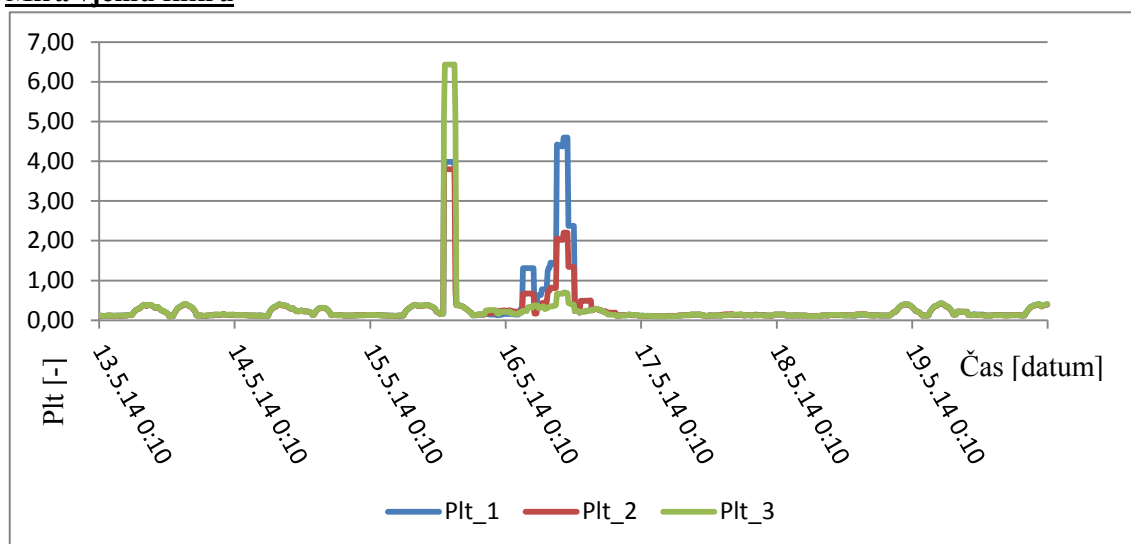
Naměřená data lze zpracovat pomocí programu které jsou dostupné k síťovým analyzátorům. Kvůli charakteru dat lze však využít tabulkový procesor (MS Excel). Dá se použít pro grafickou prezentaci, k běžným tabulkovým výpočtům, nebo jako databázi.

5.1. Vyhodnocení dat z oblasti I.

Tato oblast má čtyři místa měření. Místo A je na hladině nn. Místo B a C jsou na hladině vn a místo D se nachází na vvn. Měření probíhalo od 13.5.2014 do 20.5.2014.

5.1.1. Místo A

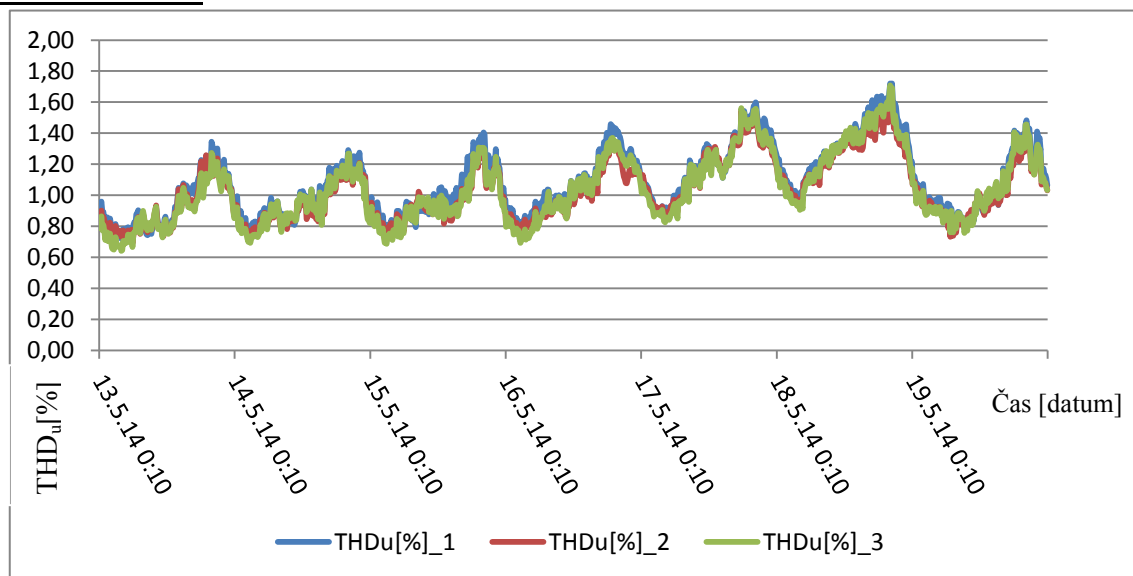
Míra vjemu flikru



Obr. 5.1: Míra vjemu flikru místa A (nn)

Za běžných pracovních podmínek musí být po 95% času, v libovolném týdenním intervalu dlouhodobá míra vjemu flikru $Plt \leq 1$. Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 3 a to 6.43. a 95% hodnoty jsou ve fázích 1=1.31, 2=0.67, 3=0.40. V tomto případě fáze 1 nevyhověla.

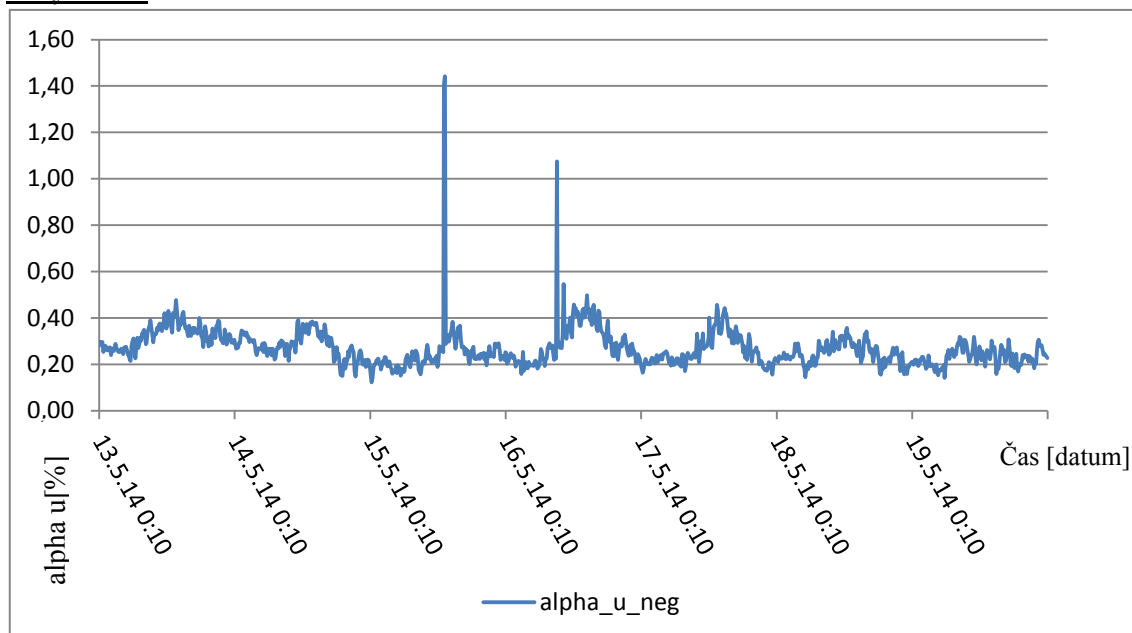
Činitel zkreslení



Obr. 5.2: Činitel zkreslení místa A (nn)

Činitel celkového harmonického zkreslení představuje nelinearitu sinusového průběhu a podle [1] musí být menší nebo rovno jak 8%. Na obrázku je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.72; 1.64; 1.71. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr. 4.3: Nesymetrie místa A (nn)

Za běžných provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95% desetiminutových středních efektivních hodnot základní složky napájecího napětí v rozsahu 0 až

2% sousledné složky. Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku a nabývá maximální hodnoty 1.44% a 95% hodnota je 0,39%. Nesymetrie splňuje [1].

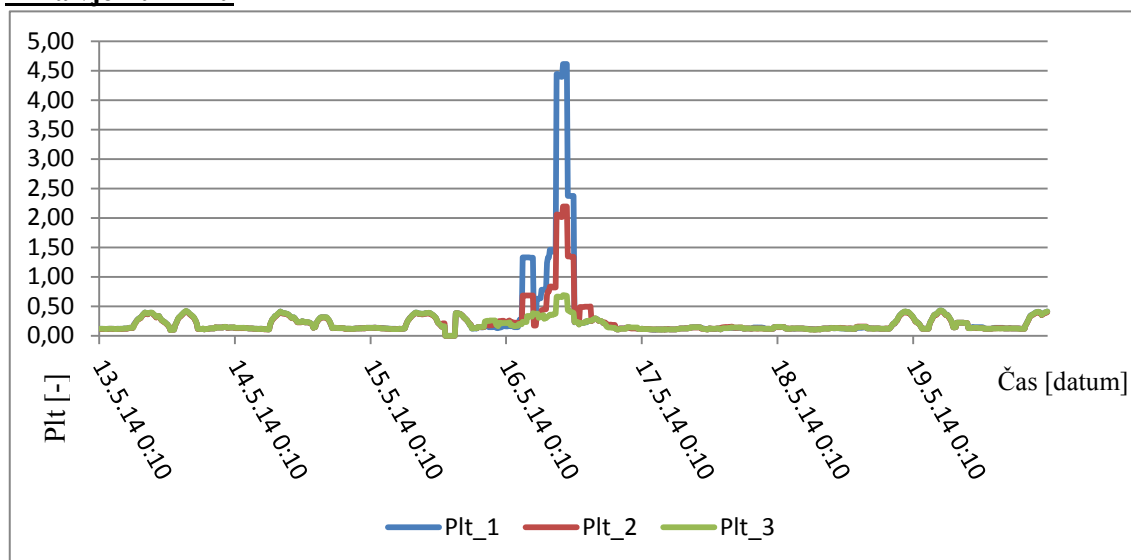
Tab. 7: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti I místa A

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,63	Splňuje normu
			2	0,41	Splňuje normu
			3	0,28	Splňuje normu
5	6,0		1	1,12	Splňuje normu
			2	1,12	Splňuje normu
			3	1,20	Splňuje normu
7	5,0		1	0,55	Splňuje normu
			2	0,54	Splňuje normu
			3	0,54	Splňuje normu
9	1,5		1	0,19	Splňuje normu
			2	0,24	Splňuje normu
			3	0,18	Splňuje normu
11	3,5		1	0,52	Splňuje normu
			2	0,51	Splňuje normu
			3	0,53	Splňuje normu
13	3,0		1	0,19	Splňuje normu
			2	0,19	Splňuje normu
			3	0,18	Splňuje normu
15	0,5		1	0,13	Splňuje normu
			2	0,13	Splňuje normu
			3	0,11	Splňuje normu
17	2,0	1	0,16	Splňuje normu	
		2	0,16	Splňuje normu	
		3	0,17	Splňuje normu	
19	1,5	1	0,20	Splňuje normu	
		2	0,20	Splňuje normu	
		3	0,23	Splňuje normu	
21	0,5	1	0,14	Splňuje normu	
		2	0,16	Splňuje normu	
		3	0,15	Splňuje normu	

23	1,5		1	0,24	Splňuje normu
			2	0,23	Splňuje normu
			3	0,20	Splňuje normu
25	1,5		1	0,18	Splňuje normu
			2	0,22	Splňuje normu
			3	0,19	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,72	Splňuje normu
			2	1,64	Splňuje normu
			3	1,71	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	1,31	Nesplňuje normu
			2	0,67	Splňuje normu
			3	0,40	Splňuje normu
	Symetrie				
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,39		Splňuje normu

5.1.2. Místo B

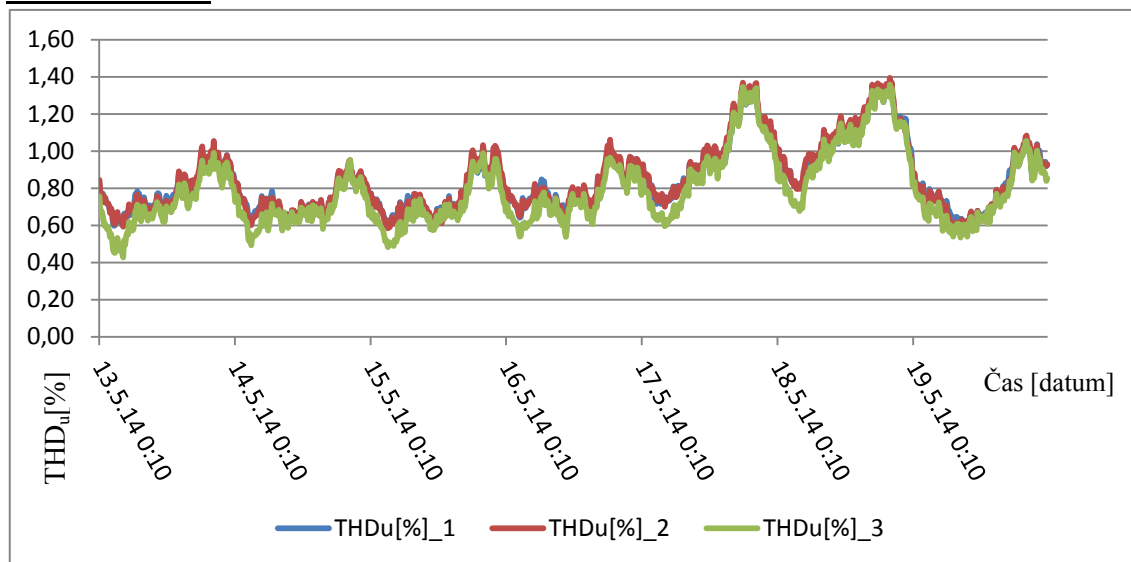
Míra vjemu flikru



Obr.4.4: vjemu flikru místa B (vn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 1 o hodnotě 4,61 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.63;0.49;0.40. Všechny fáze vyhověly.

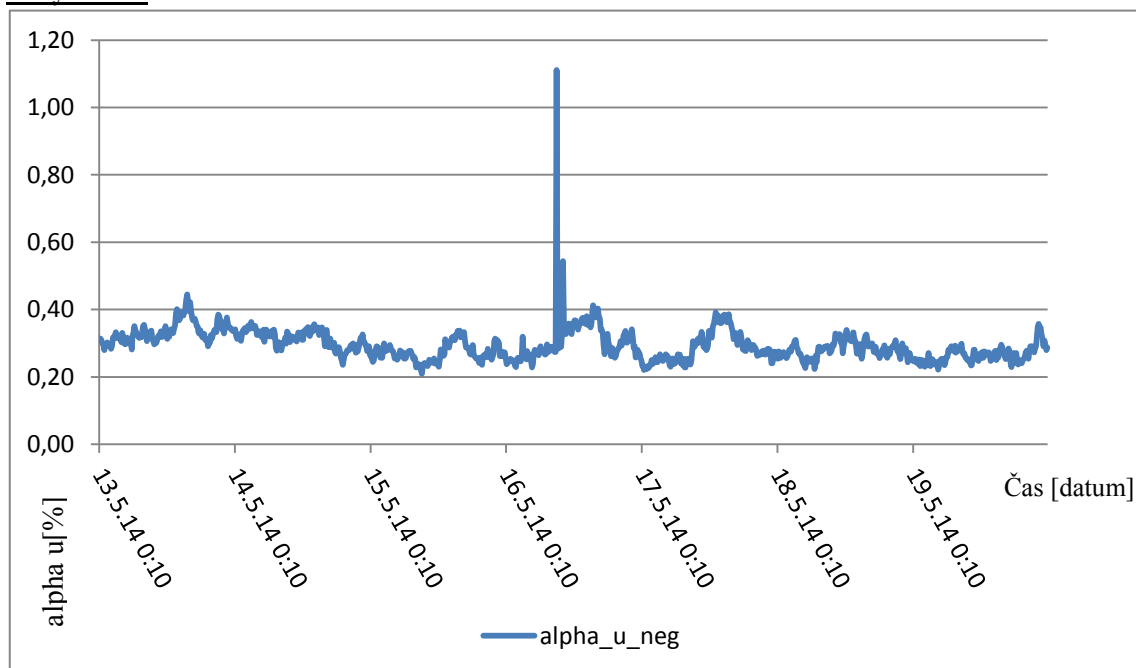
Činitel zkreslení



Obr.4.5: Činitel zkreslení místa B (vn)

Na obrázku 4.5. je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.35;1.39; 1.36. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.6: Nesymetrie místa B (vn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.6. Maximální hodnota je 1,11 a 95% hodnota je 0,37%. Nesymetrie splňuje [1].

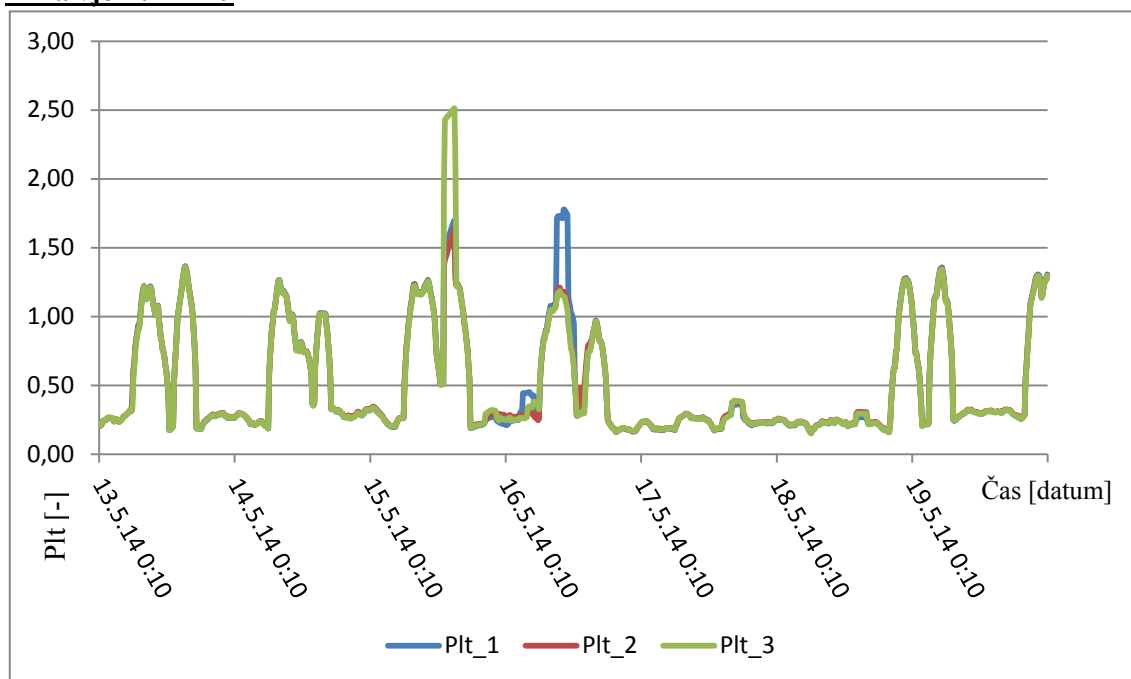
Tab. 8: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti I místa B

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,48	Splňuje normu
			2	0,38	Splňuje normu
			3	0,07	Splňuje normu
5	6,0		1	1,01	Splňuje normu
			2	1,06	Splňuje normu
			3	1,07	Splňuje normu
7	5,0		1	0,51	Splňuje normu
			2	0,54	Splňuje normu
			3	0,52	Splňuje normu
9	1,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
11	3,5		1	0,23	Splňuje normu
			2	0,27	Splňuje normu
			3	0,25	Splňuje normu

13	3,0		1	0,12	Splňuje normu
			2	0,13	Splňuje normu
			3	0,14	Splňuje normu
15	0,5		1	0,02	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
17	2,0		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,08	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
19	1,5		1	0,04	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,04	Splňuje normu
21	0,5		1	0,02	Splňuje normu
			2	0,01	Splňuje normu
			3	0,01	Splňuje normu
23	1,5		1	0,12	Splňuje normu
			2	0,11	Splňuje normu
			3	0,13	Splňuje normu
25	1,5		1	0,10	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,12	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,35	Splňuje normu
			2	1,39	Splňuje normu
			3	1,36	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,63	Splňuje normu
			2	0,49	Splňuje normu
			3	0,40	Splňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,37		Splňuje normu

5.1.3. Místo C

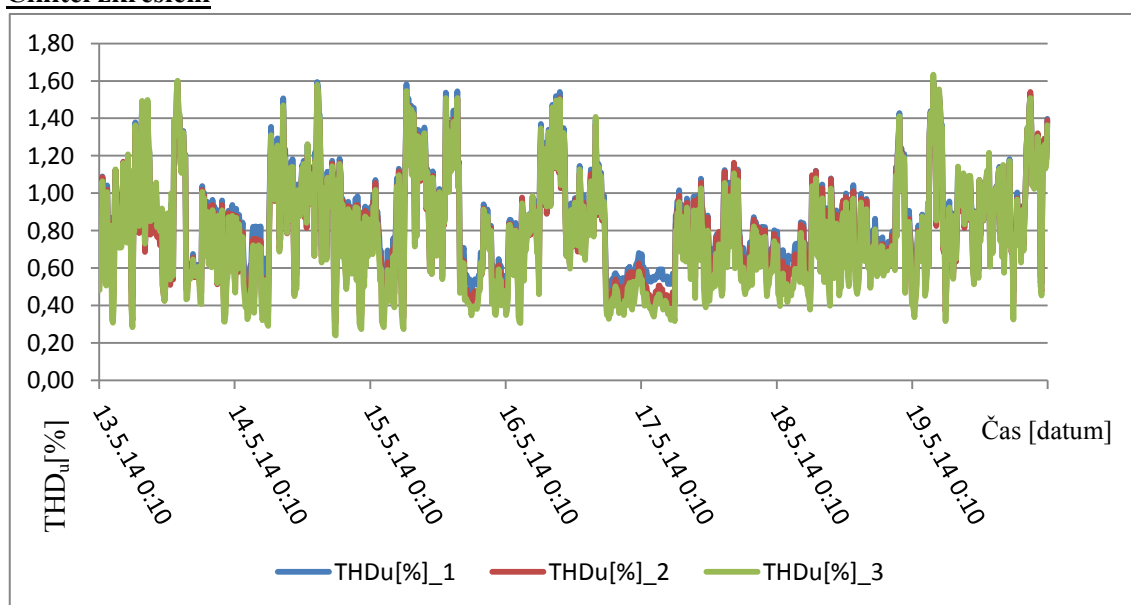
Míra vjemu flikru



Obr.4.7: vjemu flikru místa C (vn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 3o hodnotě 2,51 a 95% hodnoty jsou ve fázích 1.26;1.23;1.23. Všechny fáze nevyhověly [1].

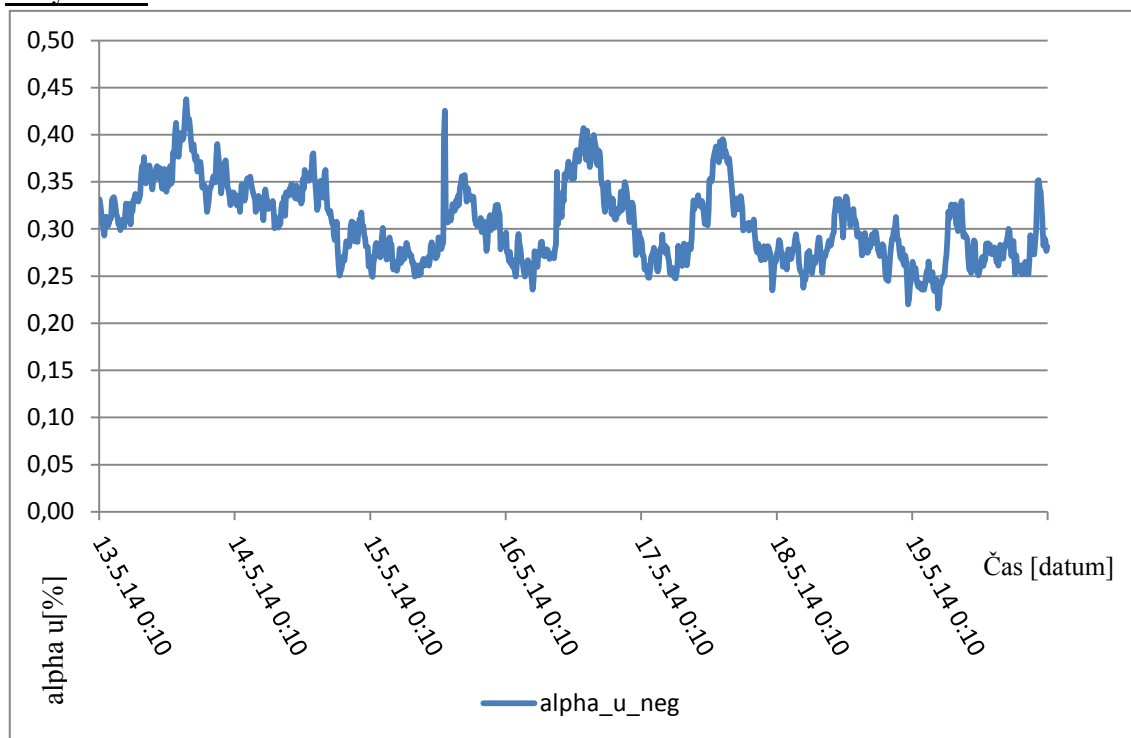
Činitel zkreslení



Obr.4.8: Činitel zkreslení místa C (vn)

Na obrázku 4.8 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.60;1.59; 1.63. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.9: Nesymetrie místa C (vn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.9 a nabývá maximální hodnoty 0.44% a 95% hodnota je 0,38%. Nesymetrie splňuje [1].

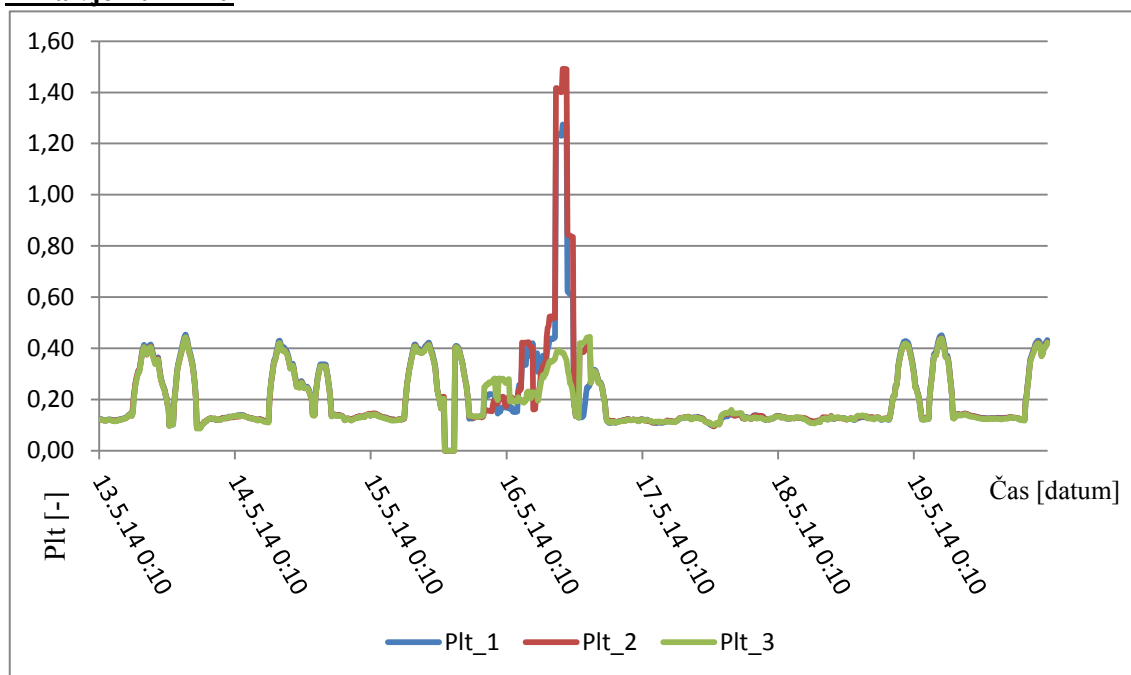
Tab. 9. Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti I místa C

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,40	Splňuje normu
			2	0,28	Splňuje normu
			3	0,09	Splňuje normu
5	6,0		1	0,38	Splňuje normu
			2	0,42	Splňuje normu
			3	0,38	Splňuje normu
7	5,0		1	0,27	Splňuje normu
			2	0,26	Splňuje normu
			3	0,25	Splňuje normu

9	1,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,04	Splňuje normu
11	3,5		1	0,85	Splňuje normu
			2	0,84	Splňuje normu
			3	0,90	Splňuje normu
13	3,0		1	0,62	Splňuje normu
			2	0,61	Splňuje normu
			3	0,59	Splňuje normu
15	0,5		1	0,07	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
17	2,0		1	0,30	Splňuje normu
			2	0,31	Splňuje normu
			3	0,28	Splňuje normu
19	1,5		1	0,25	Splňuje normu
			2	0,22	Splňuje normu
			3	0,24	Splňuje normu
21	0,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
23	1,5		1	0,37	Splňuje normu
			2	0,37	Splňuje normu
			3	0,39	Splňuje normu
25	1,5		1	0,23	Splňuje normu
			2	0,25	Splňuje normu
			3	0,22	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,60	Splňuje normu
			2	1,59	Splňuje normu
			3	1,63	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flickru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	1,26	Nesplňuje normu
			2	1,23	Nesplňuje normu
			3	1,23	Nesplňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	Hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,38		Splňuje normu

5.1.4. Místo D

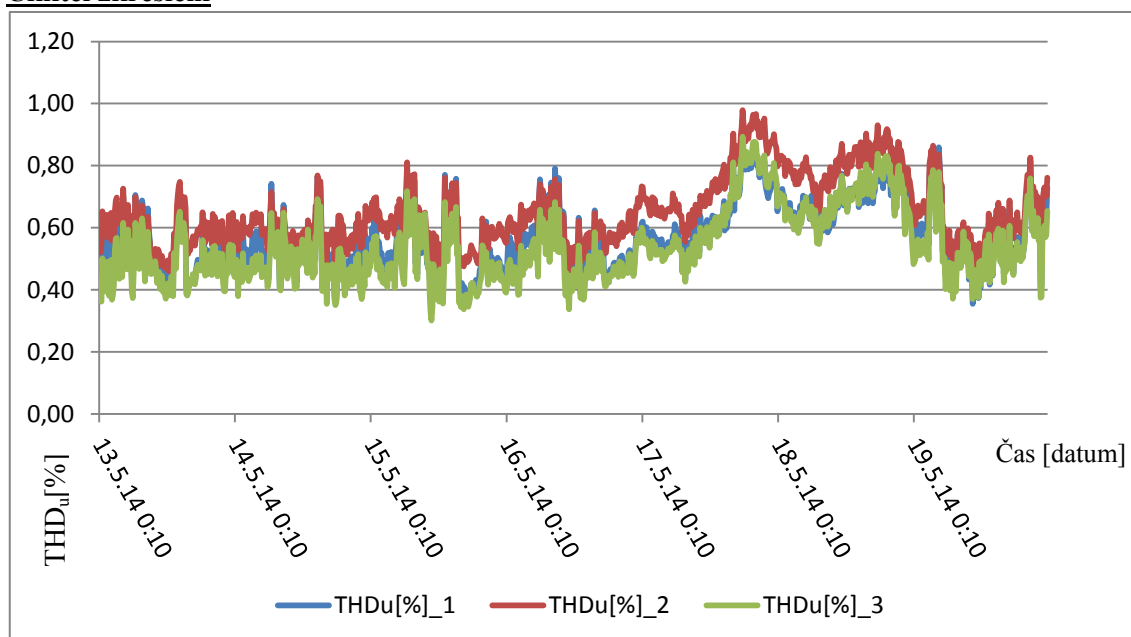
Míra vjemu flikru



Obr.4.10: vjemu flikru místa D (vvn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 2, která nabývá 1,49 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.42;0.42;0.41. Všechny fáze vyhověly.

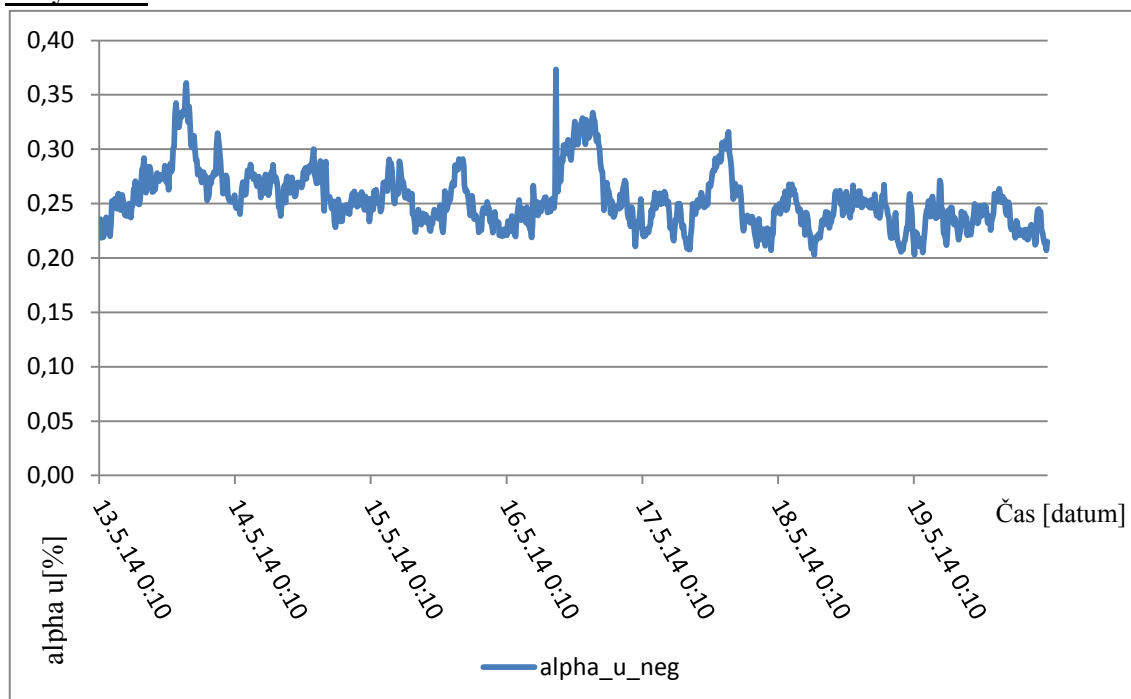
Činitel zkreslení



Obr.4.11: Činitel zkreslení místa D (vvn)

Na obrázku 4.11 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 0.87;0.98; 0.89. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.12: Nesymetrie místa D (vvn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.12 a nabývá maximální hodnoty 0,37% a 95% hodnota je 0,31%. Nesymetrie splňuje [1].

Tab. 10: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti I místa D

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	3,0	[%]	1	0,28	Splňuje normu
			2	0,49	Splňuje normu
			3	0,22	Splňuje normu
5	5,0		1	0,56	Splňuje normu
			2	0,63	Splňuje normu
			3	0,62	Splňuje normu
7	4,0		1	0,30	Splňuje normu
			2	0,25	Splňuje normu
			3	0,29	Splňuje normu
9	1,3		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu

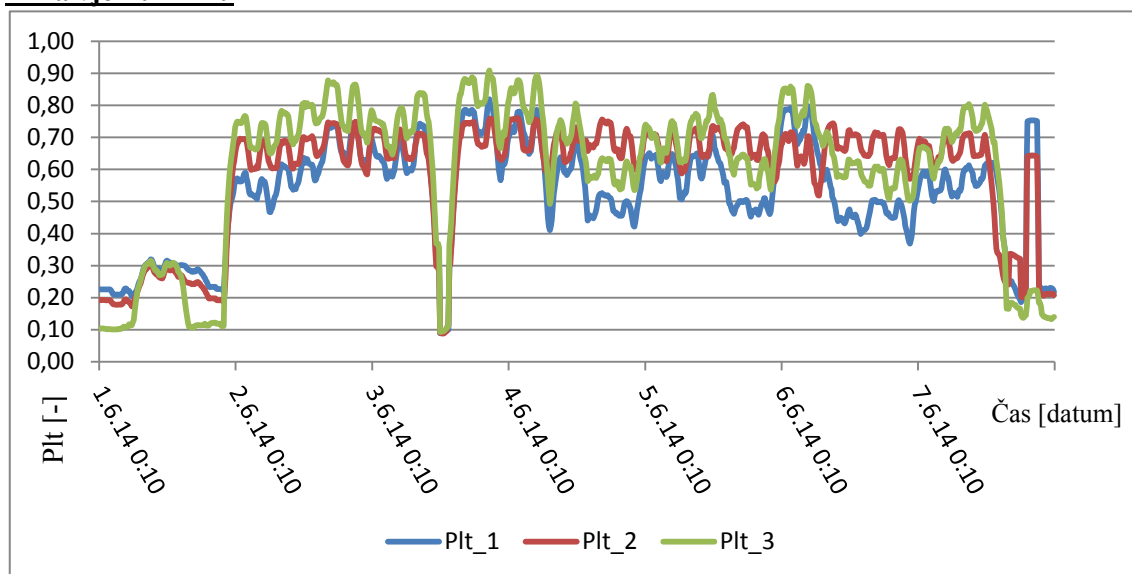
11	3,0		1	0,29	Splňuje normu
			2	0,31	Splňuje normu
			3	0,31	Splňuje normu
13	2,5		1	0,33	Splňuje normu
			2	0,30	Splňuje normu
			3	0,30	Splňuje normu
15	0,5		1	0,07	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
25	1,5		1	0,37	Splňuje normu
			2	0,25	Splňuje normu
			3	0,27	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	0,87	Splňuje normu
			2	0,98	Splňuje normu
			3	0,89	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,42	Splňuje normu
			2	0,42	Splňuje normu
			3	0,41	Splňuje normu
	Symetrie				
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha u	0-2	[%]	0,31		Splňuje normu

5.2. Oblast II.

Tato oblast má čtyři místa měření. Místo A,B a C je na hladině nn. Místo D na hladině vn. Měření na hladina vvn není zastoupeno. Měření probíhalo jeden týden od 1.6.2014 do 8.6.2014.

5.2.1. Místo A

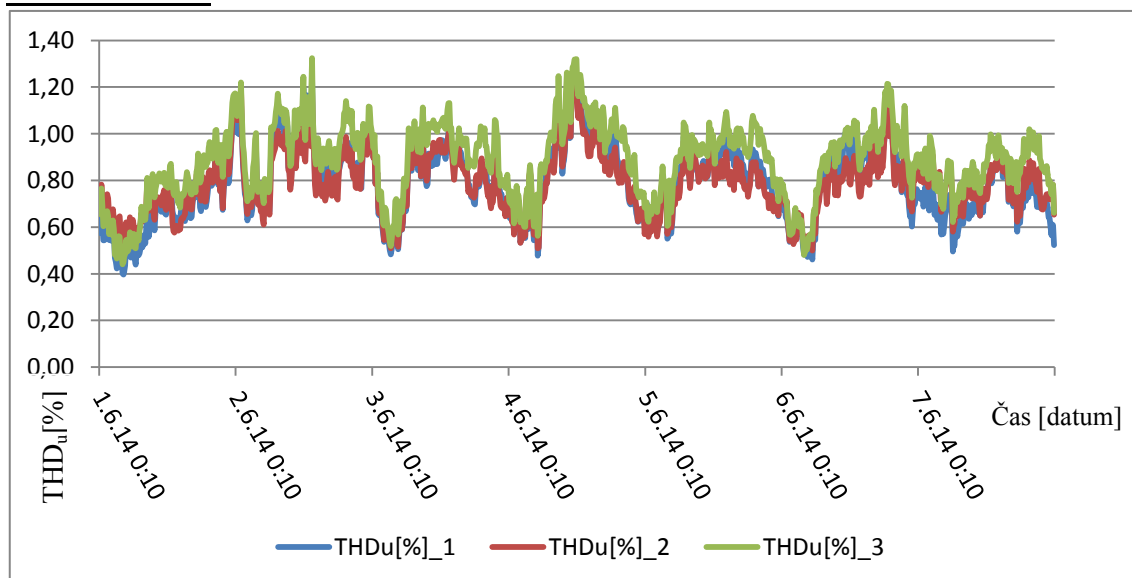
Míra vjemu flikru



Obr.4.13: vjemu flikru místa A (nn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 3 a to 0,82 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.76;0.74;0.86. Všechny fáze vyhověly.

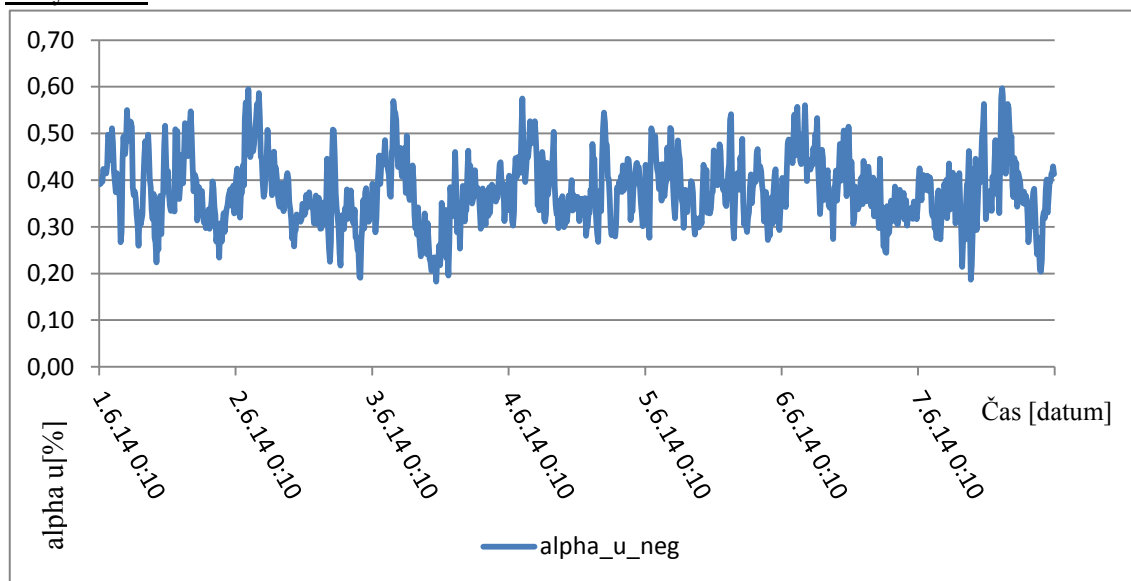
Činitel zkreslení



Obr.4.14: Činitel zkreslení místa A (nn)

Na obrázku 4.14 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.28;1.25; 1.32. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.15: Nesymetrie místa A (nn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.15 a nabývá maximální hodnoty 0,60% a 95% hodnota je 0,51%. Nesymetrie splňuje [1].

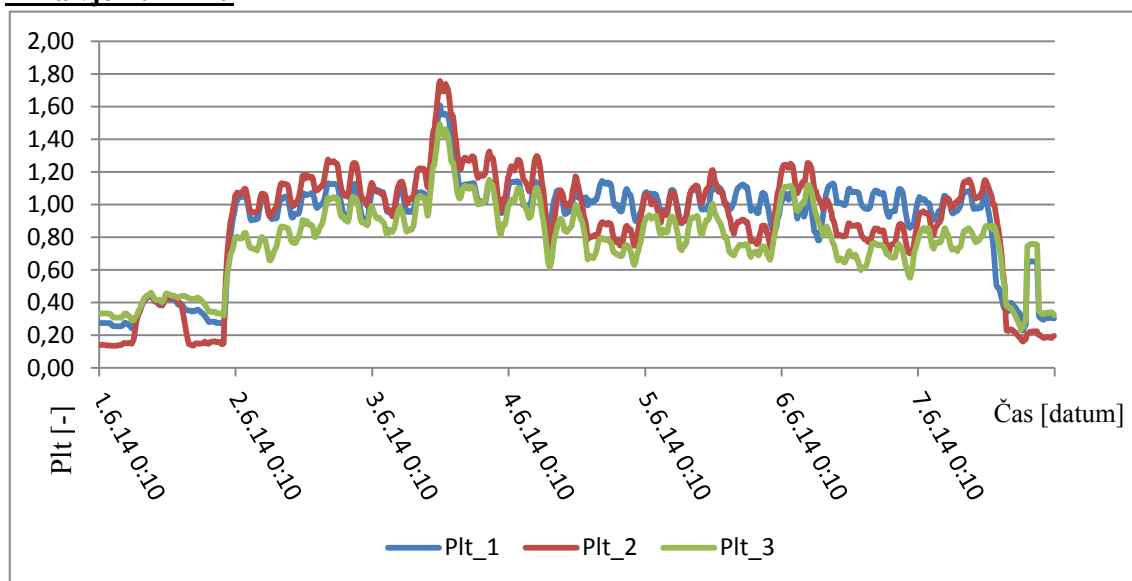
Tab. 11: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti II místa A

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,26	Splňuje normu
			2	0,35	Splňuje normu
			3	0,28	Splňuje normu
5	6,0		1	0,84	Splňuje normu
			2	0,77	Splňuje normu
			3	0,88	Splňuje normu
7	5,0		1	0,68	Splňuje normu
			2	0,70	Splňuje normu
			3	0,76	Splňuje normu
9	1,5		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,11	Splňuje normu
11	3,5		1	0,36	Splňuje normu
			2	0,39	Splňuje normu
			3	0,42	Splňuje normu
13	3,0		1	0,20	Splňuje normu
			2	0,19	Splňuje normu
			3	0,21	Splňuje normu
15	0,5		1	0,04	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,04	Splňuje normu
17	2,0		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,08	Splňuje normu
			3	0,09	Splňuje normu
19	1,5		1	0,06	Splňuje normu
		2	0,06	Splňuje normu	
		3	0,05	Splňuje normu	
21	0,5	1	0,03	Splňuje normu	
		2	0,03	Splňuje normu	
		3	0,03	Splňuje normu	
23	1,5	1	0,05	Splňuje normu	
		2	0,05	Splňuje normu	
		3	0,05	Splňuje normu	
25	1,5	1	0,03	Splňuje normu	
		2	0,03	Splňuje normu	
		3	0,04	Splňuje normu	

Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,28	Splňuje normu
			2	1,25	Splňuje normu
			3	1,32	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,76	Splňuje normu
			2	0,74	Splňuje normu
			3	0,86	Splňuje normu
	Symetrie				
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,51		Splňuje normu

5.2.2. Místo B

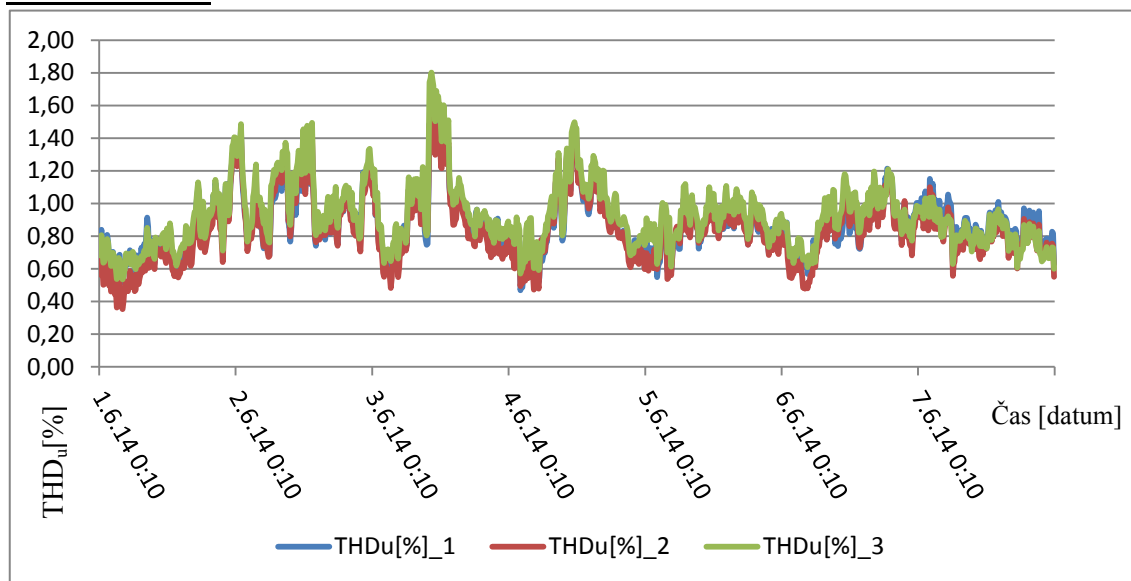
Míra vjemu flikru



Obr.4.16: vjemu flikru místa B (nn)

Maximální hodnota byla dosažena 1,76 a to ve fázi 2. 95% hodnoty jsou ve fázích 1.14;1.27;1.11. Všechny fáze nevyhověly.

Činitel zkreslení



Obr.4.17: Činitel zkreslení místa B (nn)

Na obrázku 4.17 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.57;1.56; 1.80. Všechny fáze splňují podmínky.

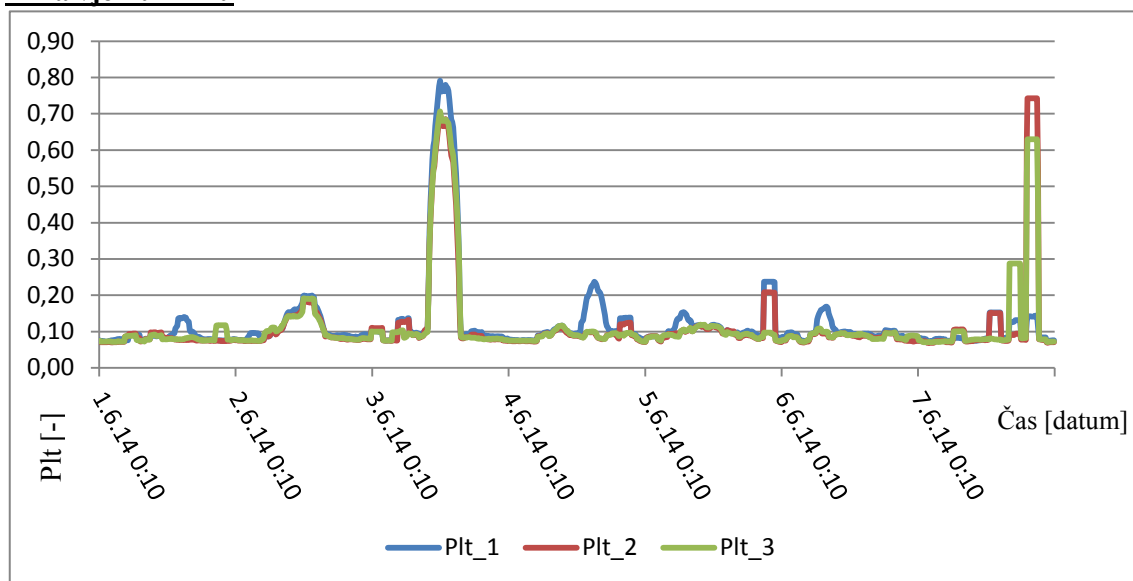
Tab. 12: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti II místa B

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,36	Splňuje normu
			2	0,21	Splňuje normu
			3	0,41	Splňuje normu
5	6,0		1	0,92	Splňuje normu
			2	0,97	Splňuje normu
			3	1,04	Splňuje normu
7	5,0		1	0,81	Splňuje normu
			2	0,80	Splňuje normu
			3	0,78	Splňuje normu
9	1,5		1	0,15	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,15	Splňuje normu
11	3,5		1	0,40	Splňuje normu
			2	0,37	Splňuje normu
			3	0,40	Splňuje normu

13	3,0		1	0,21	Splňuje normu
			2	0,21	Splňuje normu
			3	0,23	Splňuje normu
15	0,5		1	0,06	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
17	2,0		1	0,11	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,11	Splňuje normu
19	1,5		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,06	Splňuje normu
			3	0,07	Splňuje normu
21	0,5		1	0,04	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
23	1,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
25	1,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,57	Splňuje normu
			2	1,56	Splňuje normu
			3	1,80	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	1,14	Nesplňuje normu
			2	1,27	Nesplňuje normu
			3	1,11	Nesplňuje normu

5.2.3. Místo C

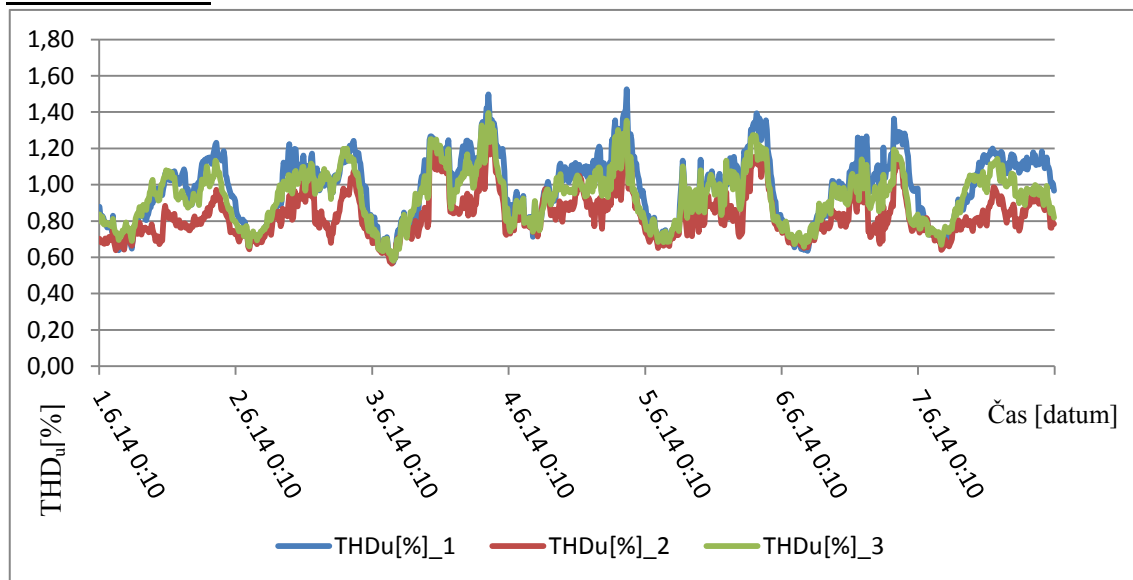
Míra vjemu flikru



Obr.4.18: vjemu flikru místa C (nn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 1 o velikosti 0,79 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.22;0.21;0.29. Všechny fáze vyhověly.

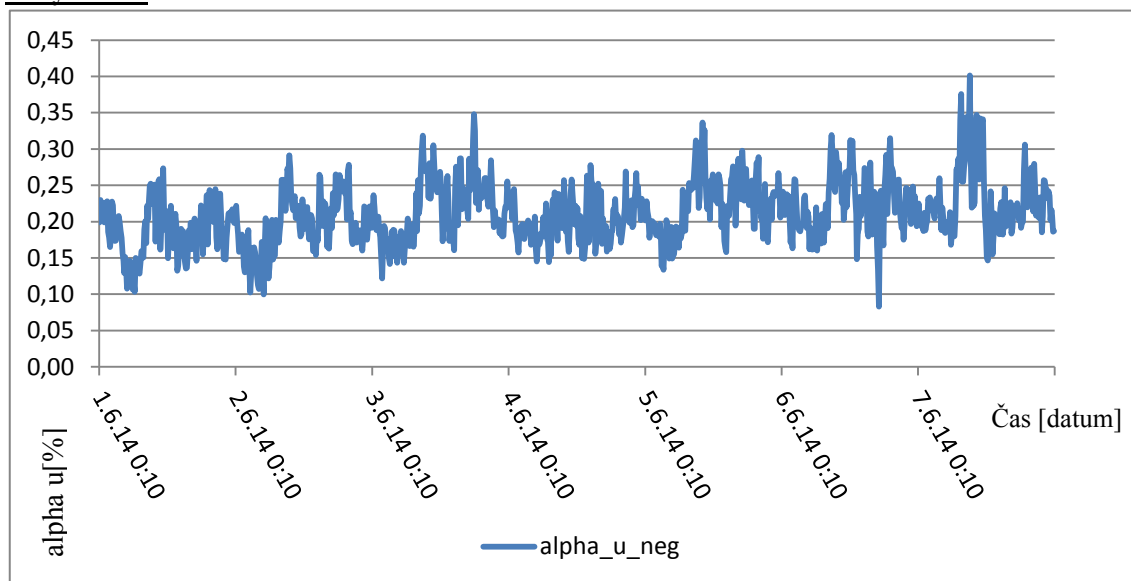
Činitel zkreslení



Obr.4.19: Činitel zkreslení místa C (nn)

Na obrázku 4.19 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.53;1.30; 1.40. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.20: Nesymetrie místa C (nn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.20 a nabývá maximální hodnoty 0,44% a 95% hodnota je 0,28%. Nesymetrie splňuje [1].

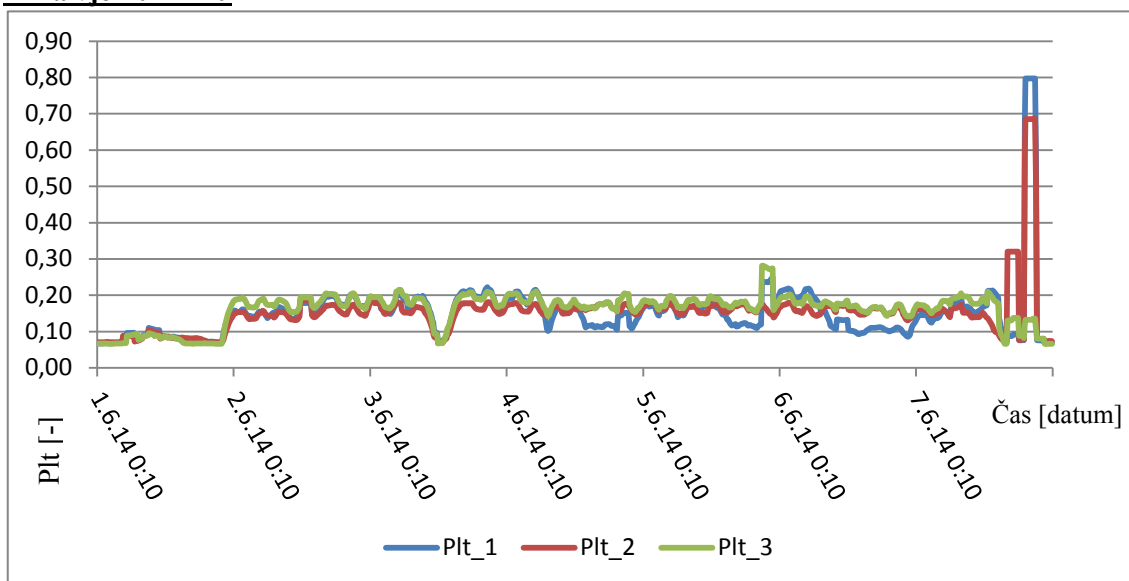
Tab. 13: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti II místa C

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,48	Splňuje normu
			2	0,46	Splňuje normu
			3	0,40	Splňuje normu
5	6,0		1	0,88	Splňuje normu
			2	0,73	Splňuje normu
			3	0,83	Splňuje normu
7	5,0		1	0,56	Splňuje normu
			2	0,49	Splňuje normu
			3	0,57	Splňuje normu
9	1,5		1	0,32	Splňuje normu
			2	0,26	Splňuje normu
			3	0,32	Splňuje normu
11	3,5		1	0,55	Splňuje normu
			2	0,49	Splňuje normu
			3	0,53	Splňuje normu

13	3,0		1	0,38	Splňuje normu
			2	0,33	Splňuje normu
			3	0,41	Splňuje normu
15	0,5		1	0,18	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,13	Splňuje normu
17	2,0		1	0,13	Splňuje normu
			2	0,10	Splňuje normu
			3	0,13	Splňuje normu
19	1,5		1	0,21	Splňuje normu
			2	0,14	Splňuje normu
			3	0,18	Splňuje normu
21	0,5		1	0,14	Splňuje normu
			2	0,11	Splňuje normu
			3	0,13	Splňuje normu
23	1,5		1	0,09	Splňuje normu
			2	0,07	Splňuje normu
			3	0,10	Splňuje normu
25	1,5		1	0,13	Splňuje normu
			2	0,13	Splňuje normu
			3	0,12	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,53	Splňuje normu
			2	1,30	Splňuje normu
			3	1,40	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,22	Splňuje normu
			2	0,21	Splňuje normu
			3	0,29	Splňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,28		Splňuje normu

5.2.4. Místo D

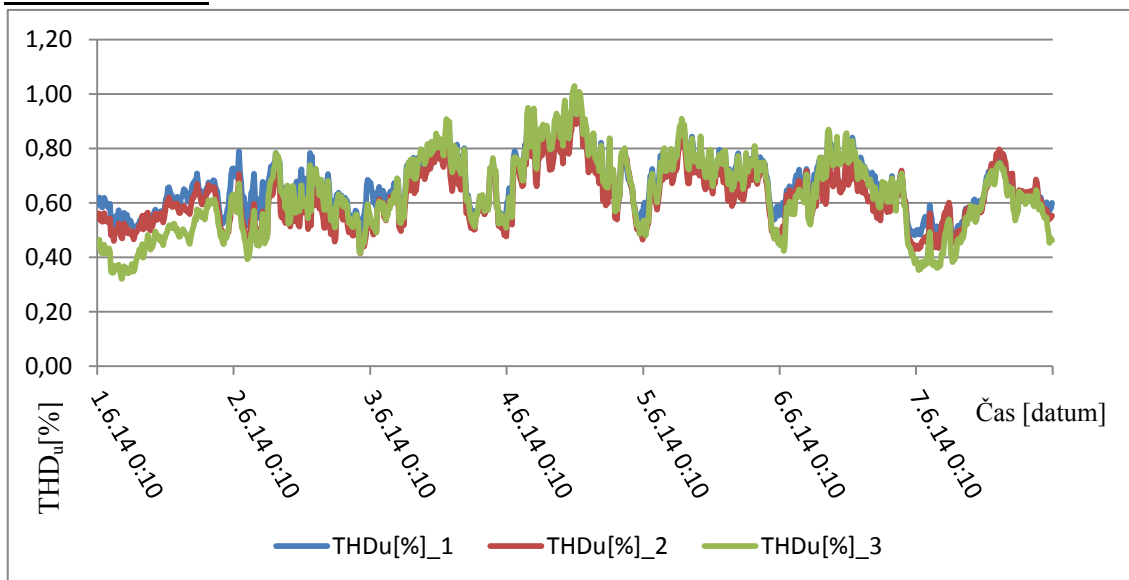
Míra vjemu flikru



Obr.4.21: vjemu flikru místa D (vn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 1 o velikosti 0,8 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.21;0.18;0.20. Všechny fáze vyhověly.

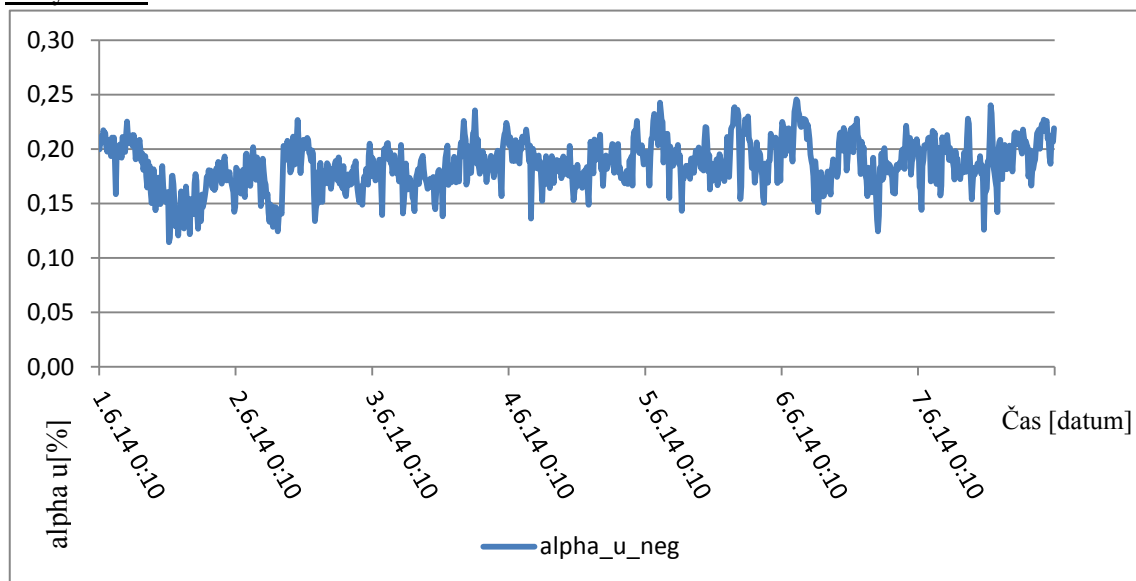
Činitel zkreslení



Obr.4.22: Činitel zkreslení místa D (vn)

Na obrázku 4.22 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.00;0.97; 1.03. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.23: Nesymetrie místa D (vn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.23 a nabývá maximální hodnoty 0,25% a 95% hodnota je 0,22%. Nesymetrie splňuje [1].

Tab. 14: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti II místa D

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,39	Splňuje normu
			2	0,32	Splňuje normu
			3	0,10	Splňuje normu
5	6,0		1	0,65	Splňuje normu
			2	0,62	Splňuje normu
			3	0,71	Splňuje normu
7	5,0		1	0,52	Splňuje normu
			2	0,53	Splňuje normu
			3	0,53	Splňuje normu
9	1,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
11	3,5		1	0,37	Splňuje normu
			2	0,35	Splňuje normu
			3	0,37	Splňuje normu

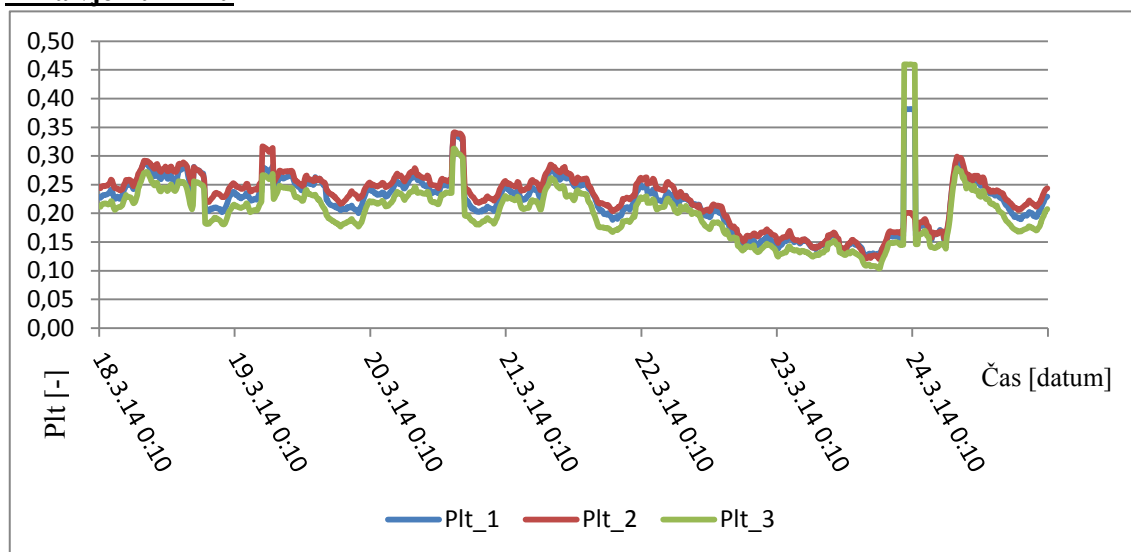
13	3,0		1	0,18	Splňuje normu
			2	0,20	Splňuje normu
			3	0,21	Splňuje normu
15	0,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,01	Splňuje normu
17	2,0		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
19	1,5		1	0,06	Splňuje normu
			2	0,04	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
21	0,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,01	Splňuje normu
			3	0,01	Splňuje normu
23	1,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,02	Splňuje normu
25	1,5		1	0,04	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,02	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,00	Splňuje normu
			2	0,97	Splňuje normu
			3	1,03	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,21	Splňuje normu
			2	0,18	Splňuje normu
			3	0,20	Splňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,22		Splňuje normu

5.3. Oblast III.

Tato oblast má pět míst měření. Místo A je na hladině nn. Místo B a C jsou na hladině vn a místo D a E se nachází na vvn. Měření probíhalo od 18.3.2014 do 25.3.2014.

5.3.1. Místo A

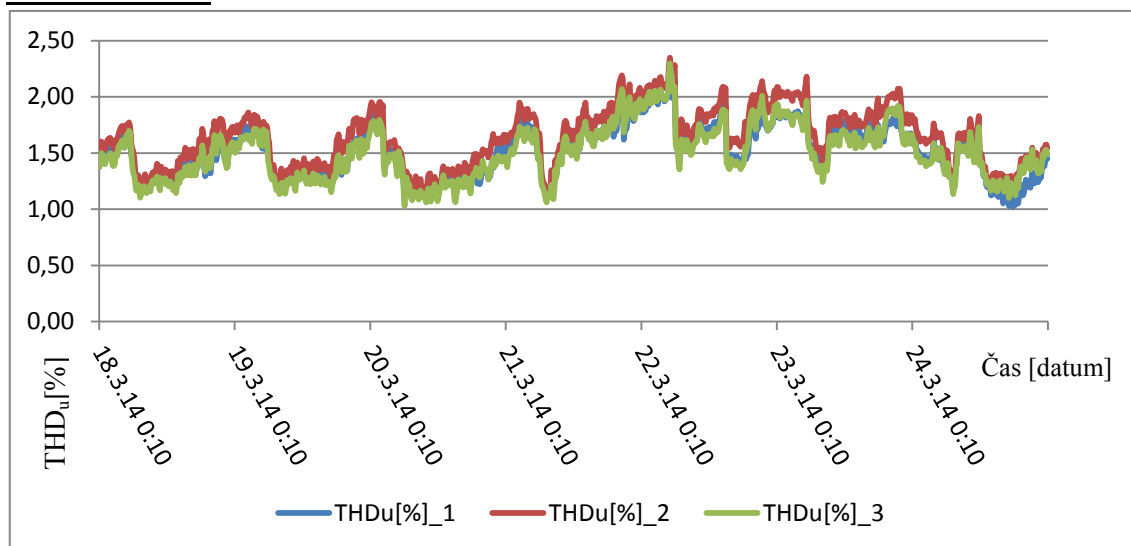
Míra vjemu flikru



Obr.4.24: Míra vjemu flikru místa A (nn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 3 a to 0,46. 95% hodnoty jsou ve fázích 0.28;0.29;0.26. Všechny fáze vyhověly.

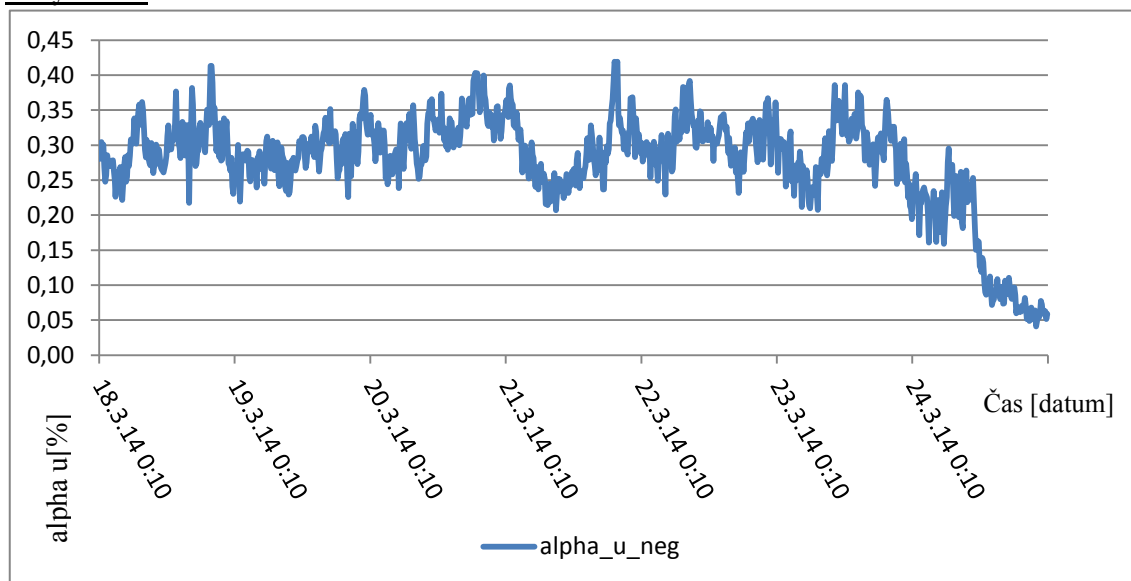
Činitel zkreslení



Obr.4.25: Činitel zkreslení místa A (nn)

Na obrázku 4.25 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 2.14;2.35; 2.30. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.26: Nesymetrie místa A (nn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.26 a nabývá maximální hodnoty 0,42% a 95% hodnota je 0,36%. Nesymetrie splňuje [1].

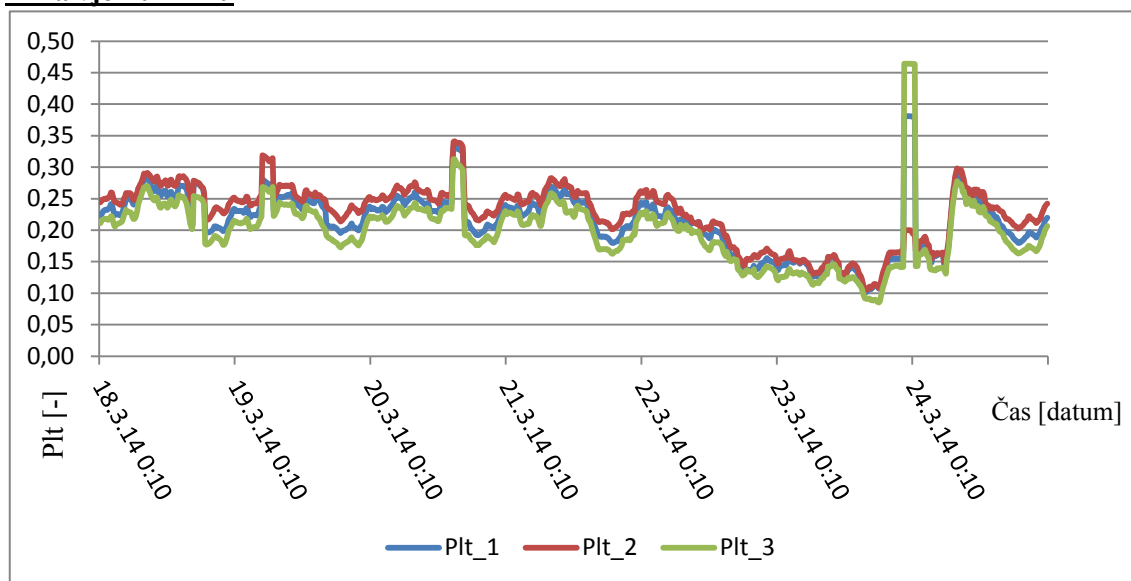
Tab. 15: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti III místa A

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,38	Splňuje normu
			2	0,69	Splňuje normu
			3	0,29	Splňuje normu
5	6,0		1	1,10	Splňuje normu
			2	1,21	Splňuje normu
			3	1,06	Splňuje normu
7	5,0		1	1,51	Splňuje normu
			2	1,55	Splňuje normu
			3	1,61	Splňuje normu
9	1,5		1	0,18	Splňuje normu
			2	0,10	Splňuje normu
			3	0,22	Splňuje normu
11	3,5		1	0,31	Splňuje normu
			2	0,32	Splňuje normu
			3	0,33	Splňuje normu

13	3,0		1	0,39	Splňuje normu
			2	0,40	Splňuje normu
			3	0,41	Splňuje normu
15	0,5		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,07	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
17	2,0		1	0,32	Splňuje normu
			2	0,22	Splňuje normu
			3	0,16	Splňuje normu
19	1,5		1	0,11	Splňuje normu
			2	0,12	Splňuje normu
			3	0,09	Splňuje normu
21	0,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
23	1,5		1	0,07	Splňuje normu
			2	0,08	Splňuje normu
			3	0,10	Splňuje normu
25	1,5		1	0,11	Splňuje normu
			2	0,11	Splňuje normu
			3	0,11	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	2,14	Splňuje normu
			2	2,35	Splňuje normu
			3	2,30	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,28	Splňuje normu
			2	0,29	Splňuje normu
			3	0,26	Splňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,36		Splňuje normu

5.3.2. Místo B

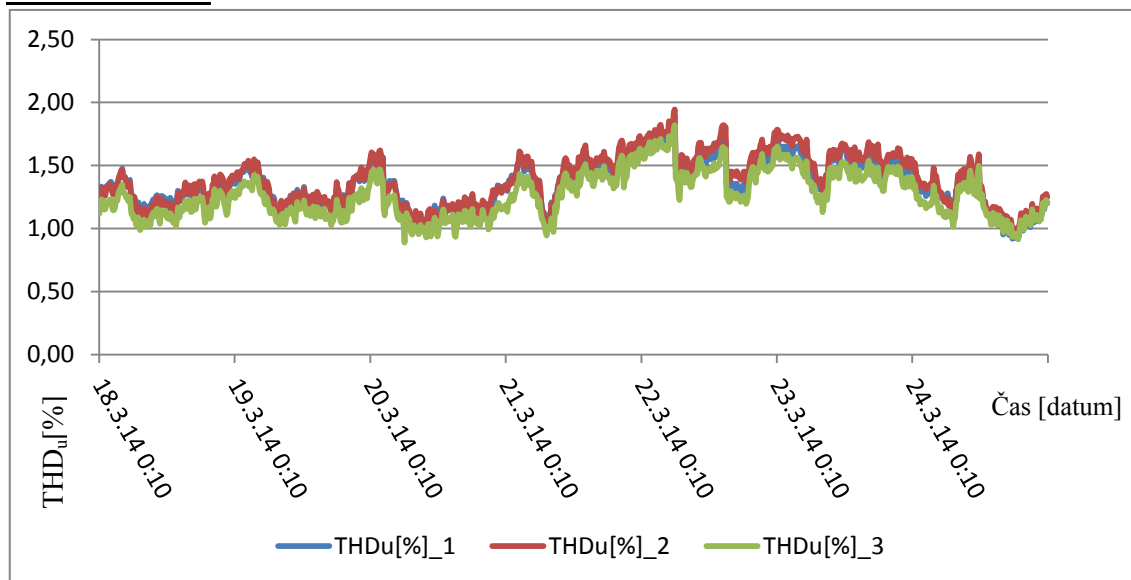
Míra vjemu flikru



Obr. 4.27: Míra vjemu flikru místa B

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 3 o hodnotě 0,47 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.27;0.28;0.26. Všechny fáze vyhověly.

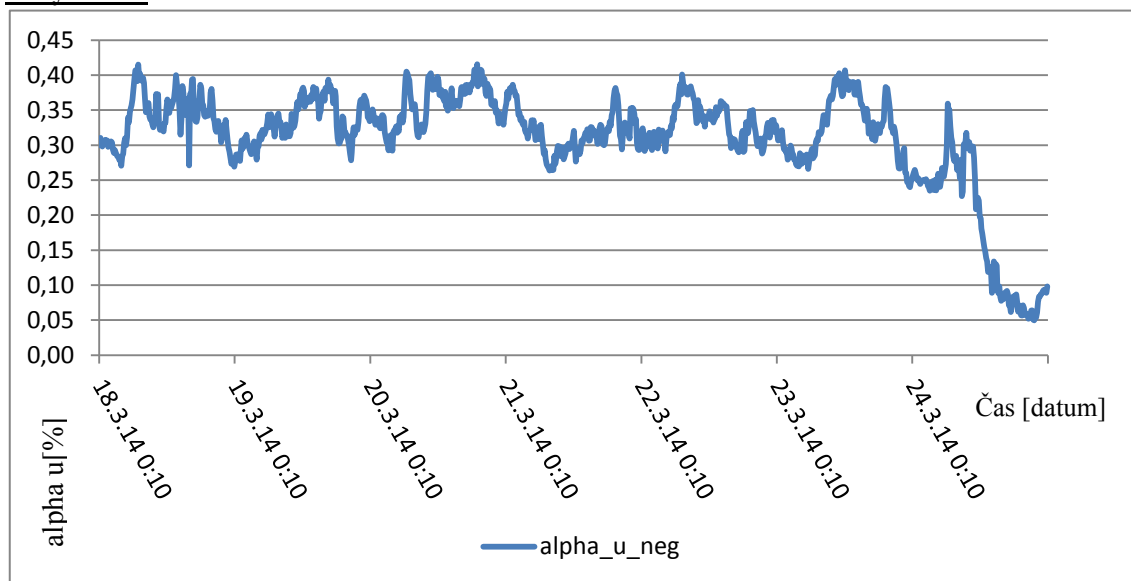
Činitel zkreslení



Obr.4.28: Činitel zkreslení místa B (vn)

Na obrázku 4.28 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.90;1.95; 1.82. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.29: Nesymetrie místa B (vn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.29 a nabývá maximální hodnoty 0,42% a 95% hodnota je 0,39%. Nesymetrie splňuje [1].

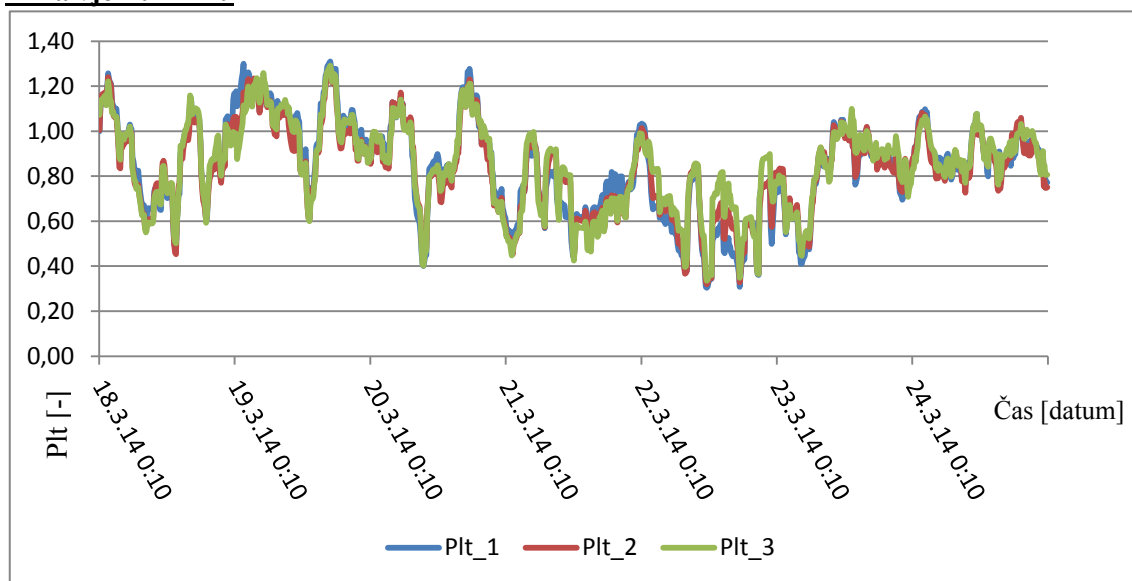
Tab. 16. Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti III místa B

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,47	Splňuje normu
			2	0,46	Splňuje normu
			3	0,21	Splňuje normu
5	6,0		1	0,99	Splňuje normu
			2	1,07	Splňuje normu
			3	0,92	Splňuje normu
7	5,0		1	1,28	Splňuje normu
			2	1,32	Splňuje normu
			3	1,30	Splňuje normu
9	1,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,06	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
11	3,5		1	0,23	Splňuje normu
			2	0,20	Splňuje normu
			3	0,20	Splňuje normu

13	3,0		1	0,25	Splňuje normu
			2	0,21	Splňuje normu
			3	0,22	Splňuje normu
15	0,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,03	Splňuje normu
17	2,0		1	0,11	Splňuje normu
			2	0,09	Splňuje normu
			3	0,08	Splňuje normu
19	1,5		1	0,09	Splňuje normu
			2	0,08	Splňuje normu
			3	0,08	Splňuje normu
21	0,5		1	0,03	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,02	Splňuje normu
23	1,5		1	0,06	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
25	1,5		1	0,07	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,06	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,90	Splňuje normu
			2	1,95	Splňuje normu
			3	1,82	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,27	Splňuje normu
			2	0,28	Splňuje normu
			3	0,26	Splňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,39		Splňuje normu

5.3.3. Místo C

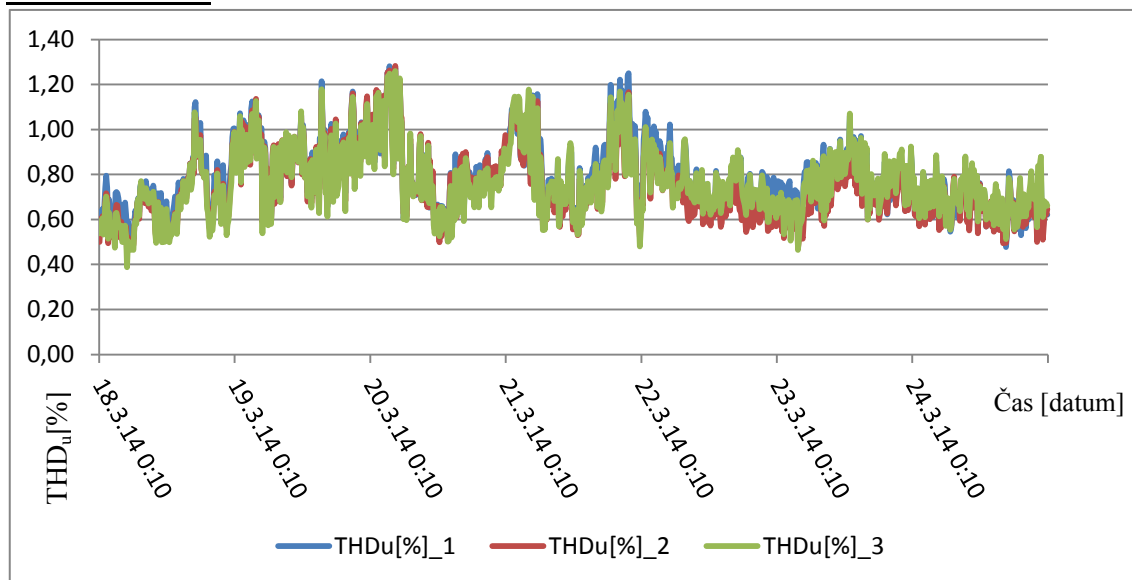
Míra vjemu flikru



Obr.4.30: vjemu flikru místa C (vn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 1 a to 1,31 a 95% hodnoty jsou ve fázích 1.17;1.14;1.14. Všechny fáze nevyhověly.

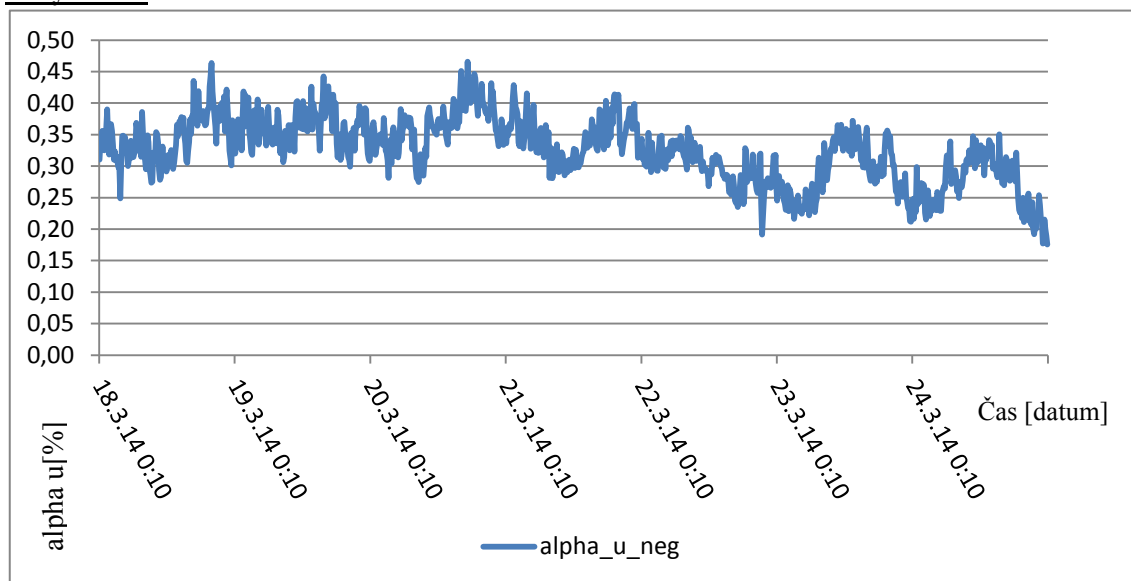
Činitel zkreslení



Obr.4.31: Činitel zkreslení místa C (vn)

Na obrázku 4.31 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.28;1.28; 1.26. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.32: Nesymetrie místa C (vn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.32 a nabývá maximální hodnoty 0,47% a 95% hodnota je 0,40%. Nesymetrie splňuje [1].

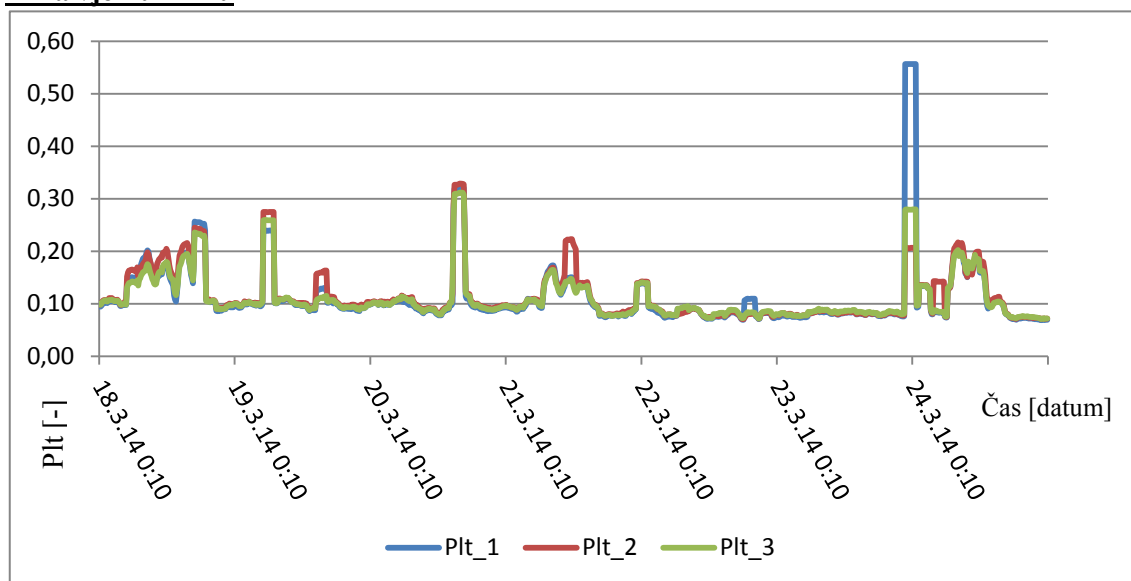
Tab. 17: Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti III místa C

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	5,0	[%]	1	0,34	Splňuje normu
			2	0,20	Splňuje normu
			3	0,16	Splňuje normu
5	6,0		1	0,40	Splňuje normu
			2	0,43	Splňuje normu
			3	0,45	Splňuje normu
7	5,0		1	0,64	Splňuje normu
			2	0,59	Splňuje normu
			3	0,61	Splňuje normu
9	1,5		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,05	Splňuje normu
			3	0,04	Splňuje normu
11	3,5		1	0,48	Splňuje normu
			2	0,50	Splňuje normu
			3	0,54	Splňuje normu

13	3,0		1	0,30	Splňuje normu
			2	0,32	Splňuje normu
			3	0,34	Splňuje normu
15	0,5		1	0,04	Splňuje normu
			2	0,06	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
17	2,0		1	0,16	Splňuje normu
			2	0,17	Splňuje normu
			3	0,12	Splňuje normu
19	1,5		1	0,15	Splňuje normu
			2	0,15	Splňuje normu
			3	0,19	Splňuje normu
21	0,5		1	0,07	Splňuje normu
			2	0,10	Splňuje normu
			3	0,09	Splňuje normu
23	1,5		1	0,58	Splňuje normu
			2	0,62	Splňuje normu
			3	0,60	Splňuje normu
25	1,5		1	0,35	Splňuje normu
			2	0,31	Splňuje normu
			3	0,32	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,28	Splňuje normu
			2	1,28	Splňuje normu
			3	1,26	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	1,17	Nesplňuje normu
			2	1,14	Nesplňuje normu
			3	1,14	Nesplňuje normu
Symetrie					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,40		Splňuje normu

5.3.4. Místo D

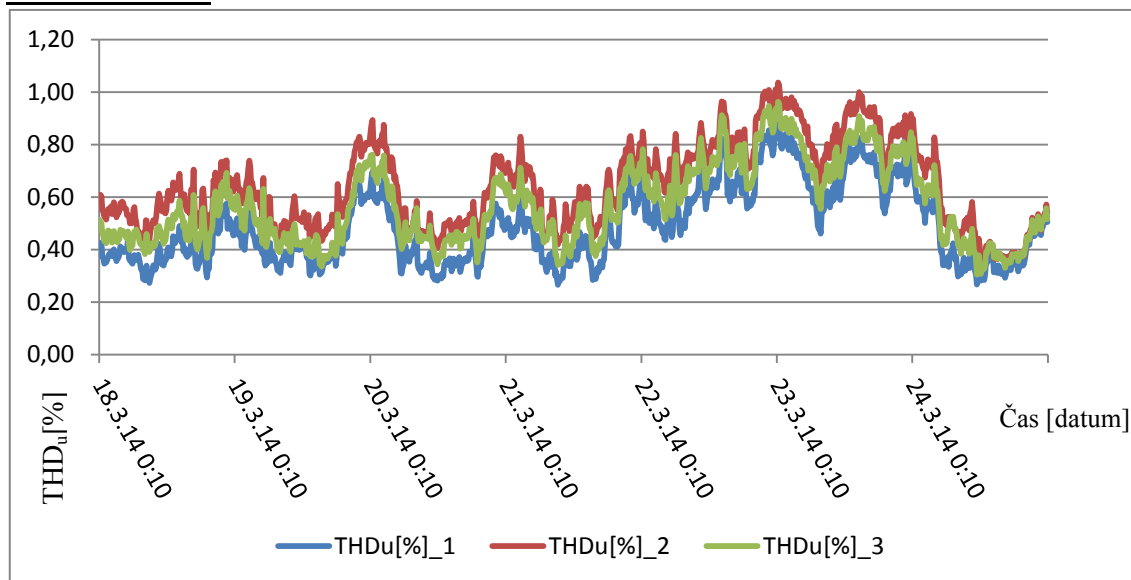
Míra vjemu flikru



Obr.4.33: Míra vjemu flikru místa D (vvn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi o hodnotě 0,56 a 95% hodnoty jsou ve fázích 0.21;0.22;0.20. Všechny fáze vyhověly.

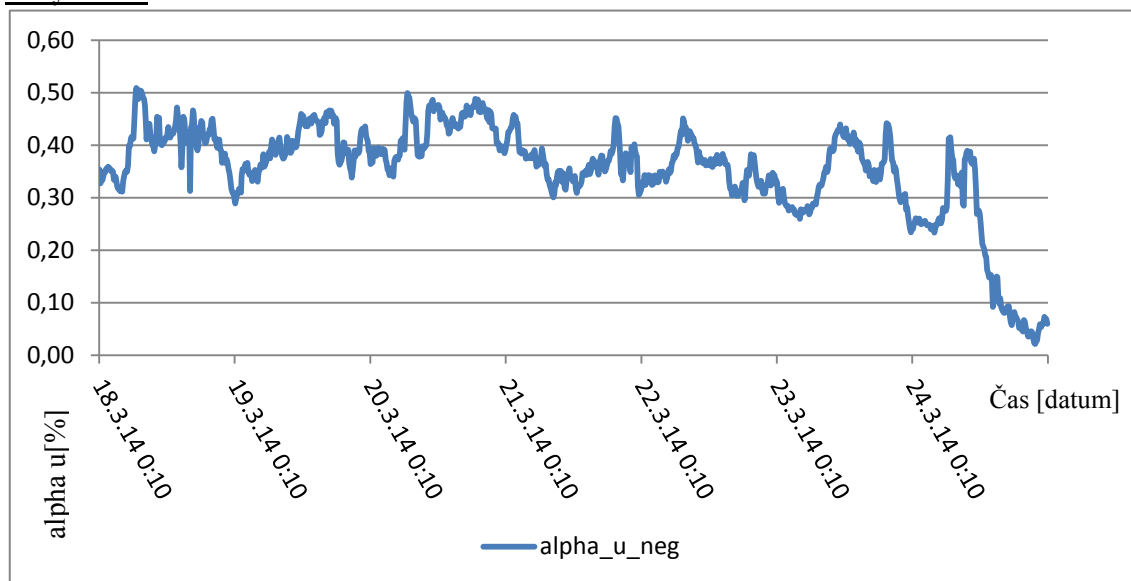
Činitel zkreslení



Obr.4.34: Činitel zkreslení místa D (vvn)

Na obrázku 3.34 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 0.89;1.04; 0.96. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.35: Nesymetrie místa D (vvn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku a nabývá maximální hodnoty 0,51% a 95% hodnota je 0,46%. Nesymetrie splňuje [1].

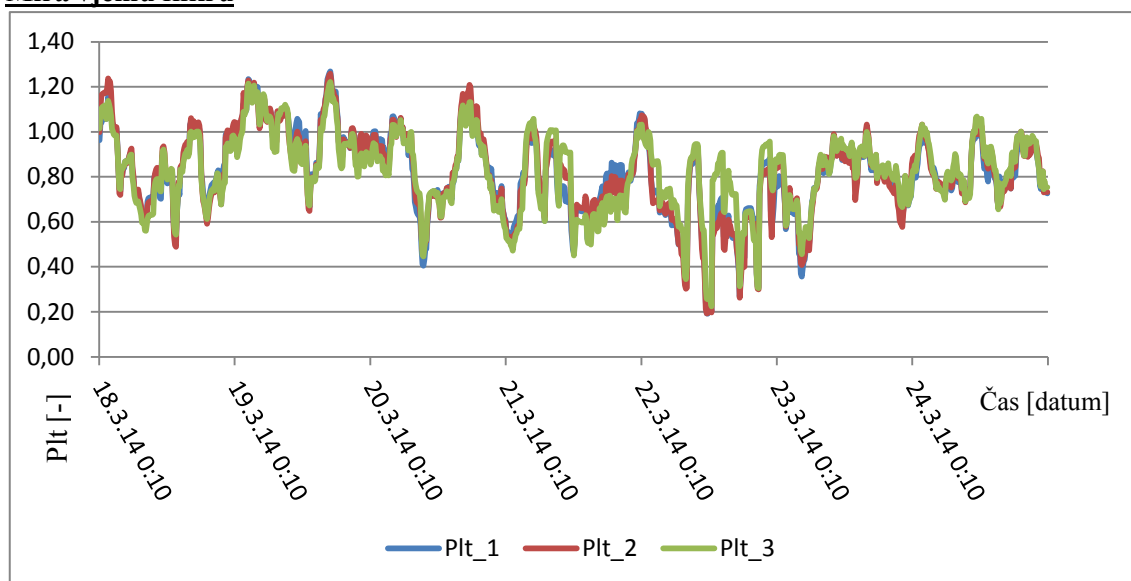
Tab. 18. Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti III místa D

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	3,0	[%]	1	0,23	Splňuje normu
			2	0,43	Splňuje normu
			3	0,30	Splňuje normu
5	5,0		1	0,70	Splňuje normu
			2	0,80	Splňuje normu
			3	0,76	Splňuje normu
7	4,0		1	0,34	Splňuje normu
			2	0,38	Splňuje normu
			3	0,38	Splňuje normu
9	1,3		1	0,02	Splňuje normu
			2	0,03	Splňuje normu
			3	0,02	Splňuje normu
11	3,0		1	0,10	Splňuje normu
			2	0,12	Splňuje normu
			3	0,12	Splňuje normu

13	2,5		1	0,10	Splňuje normu
			2	0,10	Splňuje normu
			3	0,10	Splňuje normu
15	0,5		1	0,01	Splňuje normu
			2	0,02	Splňuje normu
			3	0,02	Splňuje normu
25	1,5		1	0,08	Splňuje normu
			2	0,07	Splňuje normu
			3	0,07	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	0,89	Splňuje normu
			2	1,04	Splňuje normu
			3	0,96	Splňuje normu
Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	0,21	Splňuje normu
			2	0,22	Splňuje normu
			3	0,20	Splňuje normu
	Symetrie				
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,46		Splňuje normu

5.3.5. Místo E

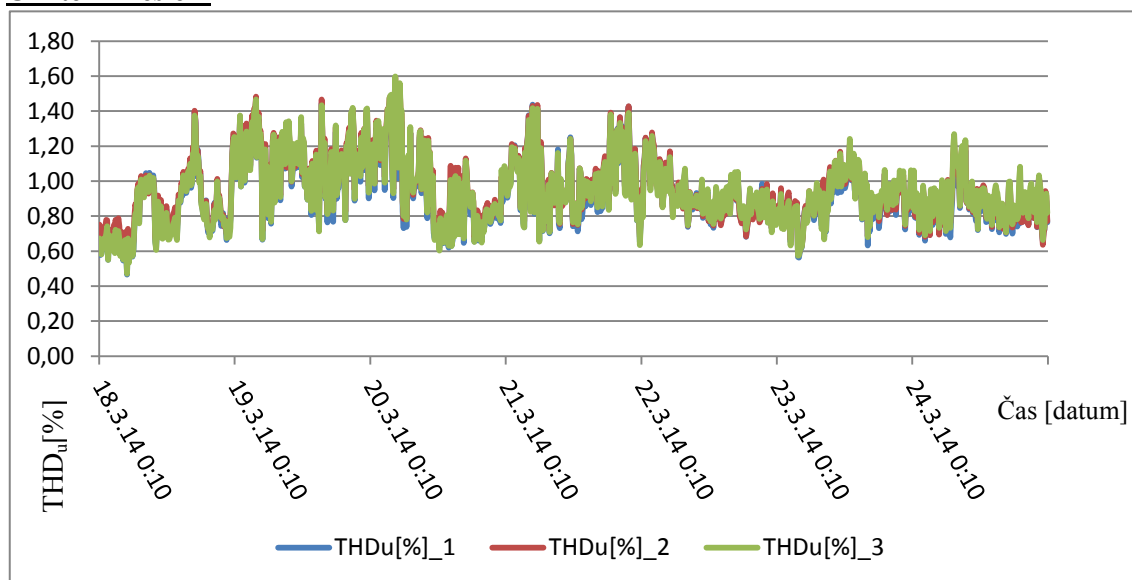
Míra vjemu flikru



Obr.4.36: Míra vjemu flikru místa E (vvn)

Maximální hodnota byla dosažena ve fázi 1 a to 1,27 a 95% hodnoty jsou ve fázích 1.09;1.11;1.10. Všechny fáze nevyhověly.

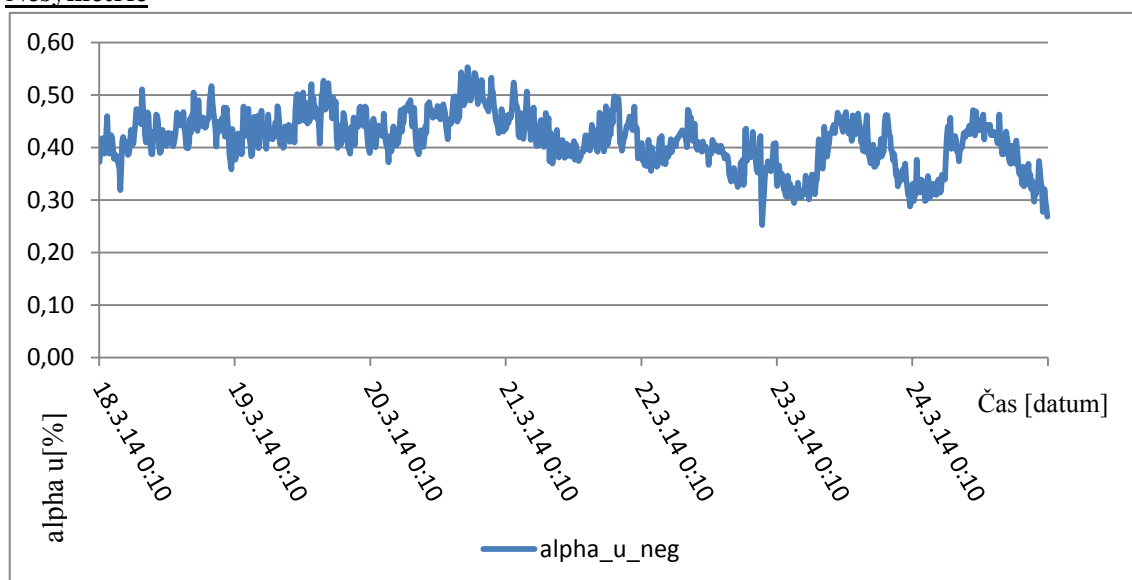
Činitel zkreslení



Obr.4.37: Činitel zkreslení místa E (vvn)

Na obrázku 4.37 je znázorněn jeho průběh. Maximální hodnoty jsou: 1.56;1.59; 1.60. Všechny fáze splňují podmínky.

Nesymetrie



Obr.4.38: Nesymetrie místa (vvn)

Průběh nesymetrie je znázorněn na obrázku 4.38. a nabývá maximální hodnoty 0,55% a 95% hodnota je 0,49%. Nesymetrie splňuje [1].

Tab. 19. Souhrn vybraných hodnocených parametrů kvality oblasti III místa E

Harmonické					
Řád harmonické	Harmonické napětí v %	Jednotka	Fáze	95% hodnoty	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
3	3,0	[%]	1	0,22	Splňuje normu
			2	0,24	Splňuje normu
			3	0,18	Splňuje normu
5	5,0		1	0,51	Splňuje normu
			2	0,57	Splňuje normu
			3	0,58	Splňuje normu
7	4,0		1	0,68	Splňuje normu
			2	0,67	Splňuje normu
			3	0,65	Splňuje normu
9	1,3		1	0,05	Splňuje normu
			2	0,06	Splňuje normu
			3	0,05	Splňuje normu
11	3,0		1	0,63	Splňuje normu
			2	0,61	Splňuje normu
			3	0,65	Splňuje normu
13	2,5		1	0,49	Splňuje normu
			2	0,47	Splňuje normu
			3	0,47	Splňuje normu
15	0,5		1	0,06	Splňuje normu
			2	0,06	Splňuje normu
			3	0,08	Splňuje normu
25	1,5		1	0,43	Splňuje normu
			2	0,41	Splňuje normu
			3	0,40	Splňuje normu
Činitel zkreslení					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	Max hodnota	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Thd	≤8	[%]	1	1,56	Splňuje normu
			2	1,59	Splňuje normu
			3	1,60	Splňuje normu

Míra vjemu dlouhodobého flikru					
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	fáze	95% hodnot	Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
Plt	≤1	[-]	1	1,09	Nesplňuje normu
			2	1,11	Nesplňuje normu
			3	1,10	Nesplňuje normu
	Symetrie				
	Mez dle ČSN EN 50 16 ed. 3	jednotka	hodnota		Norma ČSN EN 50 160 ed. 3
alpha_u	0-2	[%]	0,49		Splňuje normu

5. Závěr

V této diplomové práci bylo hlavním úkolem analyzovat problematiku vybraných parametrů kvality elektrické energie a to ve třech oblastech na napěťových hladinách nn, vn a vvn.

První kapitola je zaměřena na rozbor problematiky kvality elektrické energie, jimiž jsou: kmitočet sítě velikost napájecího napětí, odchylky napájecího napětí, rychlé změny napájecího napětí - flickr, krátkodobé poklesy napájecího napětí, krátkodobé a dlouhodobé přerušení napájecího napětí, dočasná a přechodná napětí, nesymetrie napájecího napětí, harmonické napětí, mezharmionická napětí a úrovně napětí signálů v napájecím napětím a jejich odchylky od dokonalého průběhu. tyto odchylky vedou ke zhoršení kvality elektrické energie.

Druhá kapitola popisuje problematiku měření parametrů kvality elektrické energie. Popisuje měřicí intervaly, postup měření, přesnost měření a poté jeho řádné vyhodnocení u jednotlivých parametrů kvality elektrické energie.

Třetí kapitola je věnována zpětným účinkům spotřebičů na síť a způsob jejich částečné či úplné kompenzace.

Poslední kapitola se zabývá analýzou naměřených dat a jejich vyhodnocením pomocí tabulkového procesoru (Microsoft Excel), podle normy ČSN EN 50160 ed. 3. Hodnoceny jsou tyto vybrané parametry: míra vjemu flickru, činitel zkreslení, nesymetrie a harmonické napětí: 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 řádu.

Tab.20: Srovnávací tabulka

		Napěťová hladina	Činitel zkreslení	Nesymetrie	Harmonická napětí	Míra vjemu flickru
Oblast I	Místo A	nn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Nevyhověl v 1. fázi
	Místo B	vn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	místo C	vn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Nevyhověl ve všech fázích
	Místo D	vvn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
Obast II	Místo A	nn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	Místo B	nn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Nevyhověl ve všech fázích
	Místo C	nn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	Místo D	vn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích

Oblast II	Místo A	nn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	Místo B	vn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	Místo C	vn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Nevyhověl ve všech fázích
	Místo D	vvn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích
	Místo E	vvn	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích	Vyhověl ve všech fázích

Měření byla provedena ve třech oblastech, která mají celkem 13 měřených míst. Dle dané normy tyto parametry: činitel zkreslení, harmonická napětí a nesymetrie vyhovují ve všech měření. Avšak míra vjemu flikru překročila limitní hodnoty ve čtyřech měřících místech. Z toho jsou dvě na hladině nn a dvě na hladině vn, jak je patrné v tabulce č.20. V místech která nevyhověla by bylo vhodné snížit hodnoty flikru tím že omezíme kolísání napětí pomocí dynamických kompenzátorů nebo stabilizátoru, které omezují změnu jalového výkonu.

Literatura:

- [1] ČSN EN 50160 ed. 3 charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí. rok 2011
- [2] Pravidla provozování distribučních soustav, příloha 3, Kvalita elektřiny v distribuční soustavě, způsoby jejího zjišťování a hodnocení. [online] [citováno 13. února 2015]
Dostupné z:
http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011_priloha-3.pdf
- [3] Santarius P.: Elektromagnetická kompatibilita, Učební texty VŠB-TUO, Ostrava, 2007
- [4] Kodex přenosové soustavy Část V. Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS. [online] [citováno 14. dubna 2015] Dostupné z:
<http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2014/ppds-2014-priloha-5.pdf>
- [5] Poklesy v síti nízkého napětí a spolehlivost výpočetní a řídicí techniky [online] [citováno 2. prosince 2014] Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/>
- [6] Kolísání napětí [online] [citováno 2. prosince 2014] Dostupné z:
<http://www.odbornecasopisy.cz/>
- [7] Blažek, V., Skala, P. Distribuce elektrické energie [elektronický text]

Přílohy:

Příloha I na CD č. 1: Naměřena data